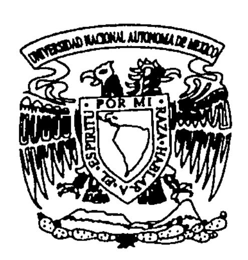




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"CONSTRUCCION DE TERRAPLENES SOBRE SUELOS BLANDOS EN EL ESTADO DE SINALOA"



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

(CONSTRUCCION)

P R E S E N T A:

JORGE ALBERTO SANCHEZ CORONEL



DIRECTOR DE TESIS:

M. I. JAIME ANTONIO MARTINEZ MIER



MEXICO, D. F. **2003**


Universidad Nacional
Autónoma de México
UNAM

Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM



AGRADECIMIENTOS

A MI ESPOSA:
GRACIAS POR EL AMOR, LA PACIENCIA Y COMPRENSIÓN QUE SIEMPRE ME HAS BRINDADO, TE AMO.

A MI HIJO:
POR LA ALEGRIA QUE ME BRINDAS Y LAS GANAS DE LUCHAR

A MI PADRE:
MI FORMACIÓN, LA TERQUEDAD Y CORAJE QUE SIEMPRE ME INCULCASTE NO TE LO PAGO CON NADA, GRACIAS POR QUERER SIEMPRE LO MEJOR PARA MI.

A MI MADRE:
POR SER TAN BUENA ONDA CONMIGO, POR CUBRIR MIS FALTAS Y ESPERARME SIEMPRE PACIENTE.

A AMBOS POR BRINDARME SIEMPRE UN APOYO INCONDICIONAL.

A MIS HERMANOS:
RECORDARME SER QUIEN SOY, APOYAR MIS DECISIONES Y HACERME SENTIR EN CADA RIÑA CUANTO LOS QUIERO, NO LOS CAMBIO POR NADA.

A MIS TIOS ANTONIO SOTO Y PATRICIA SANCHEZ E HIJOS:
GRACIAS, AL BRINDARME SU CASA ME ENSEÑARON LA MAYOR RIQUEZA QUE UN HOMBRE PUEDE TENER "LA FAMILIA".

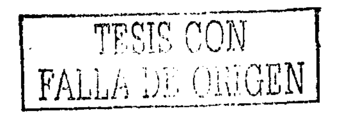
A MI TIA LOREN:
GRACIAS POR TANTO CARIÑO Y APOYO.

A TODOS LOS QUE ME DIJERON "NO SEAS TNT APROVECHA"

A LA FAMILIA MARTINEZ:
POR LAS GRANDES COSAS QUE SIEMPRE ME ENSEÑARON Y LA GRAN AMISTAD Y APOYO QUE ME OBSEQUIARON.

A MIS COMPAÑEROS DE CUARTO:
EMILIO HDEZ Y ANTONIO OSUNA, GRACIAS, AGUANTARME NO ES FACIL Y LA AMISTAD QUE SIENTO HACIA USTEDES ES INCREIBLE.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN:
ALMA FIGUEROA, CESAR ZATARAIN, RIGEL RUÍZ, JESÚS LIZARRAGA, TOÑO OSUNA Y EMILIO HDEZ, POR ENSEÑARME ALGO ESPECIAL CADA UNO Y AGUANTARME, GRACIAS.



A MIS AMIGOS:
PAOLA ARREDONDO, IRIS ESMERALDA Y VOGAR, POR BRINDARME SIEMPRE SU AMISTAD Y ATENCIÓN.

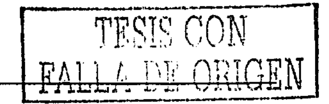
AL M.I. JAIME ANTONIO MARTINEZ MIER:

SIEMPRE COMO SOLO USTED SABE SER, PARA MI UN MODELO A SEGUIR QUE ESPERO ALGUN DIA ALCANZAR, LE AGRADEZCO DE TODO CORAZÓN EL GRAN APOYO QUE SIEMPRE ME BRINDO.

AL DR. ABRAHAM DIAZ Y LUPITA SALINAS:
LA ATENCIÓN, BUENA VOLUNTAD Y EMPEÑO QUE TUVIERON PARA HACER POSIBLE ESTA REALIDAD.

A LA PLANTA DE MAESTROS:
QUIENES SEMBRARON EN MI UN POCO DE LO GRANDE QUE SON, MIL GRACIAS, ESPERO QUE SIGAN VISITANDO MAZATLÁN Y DE PASADA CULIACAN .

A CONACYT:
POR BRINDARME ESTA OPORTUNIDAD DE ORO.

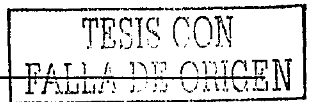


RESUMEN

Muchos de los terraplenes que se construyen en la costa de Sinaloa manifiestan serios problemas, debido a un proyecto y/o construcción y conservación inadecuados. Estas prácticas conducen altos costos de conservación y reparaciones.

Por citar un ejemplo, un terraplén construido para vialidad en el Estero del Infiernillo, en la ciudad de Mazatlán, ha mostrado en más de tres ocasiones daños en las losas de su pavimento de concreto y grietas en las terracerías. Otro caso es el de las granjas para cultivo de camarón, que utilizan terraplenes como bordos de represas; éstas han presentado fallas en su estructura por movimientos diferenciales, hundimientos excesivos y deterioro de sus coronas. En las ciudades costeras de Sinaloa, existe un sin número de manifestaciones de mal comportamiento de terraplenes, sobre todo en sitios de marismas ganados al mar.

Esta tesis tiene por objetivo presentar los conocimientos básicos que permitan eliminar o disminuir comportamientos inadecuados en terraplenes construidos sobre suelos blandos del Estado. Para ello, se tratan temas sobre el origen de los suelos blandos, y se indican los estudios necesarios para desarrollar el proyecto y construcción de terraplenes adecuados, para disminuir costos de mantenimiento. También se tratan temas que permitirán decidir el mejoramiento más adecuado de suelos, los criterios de aceptación y rechazo y las obras necesarias para protección del cuerpo de la estructura. Se indican, además lo conceptos de costos que tienen mayor incidencia. Por último, se exponen las conclusiones de esta tesis.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..4

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

Introducción capitular..9
1. Aspectos generales..10
1.1 Geología regional..10
1.2 Características de los suelos blandos..13
1.3 Problemática de los suelos blandos..16
Conclusión capitular..21

CAPÍTULO 2: ESTUDIOS

Introducción capitular..24
2. Estudios..25
2.1 Estudios topográficos..27
2.2 Estudios geotécnicos..30
2.3 Estudios hidráulicos..34
2.4 Estudios ambientales..37
Conclusión capitular..42

CAPÍTULO 3: PROYECTO

Introducción capitular..45
3. Proyecto..46
Conclusión capitular..53

CAPÍTULO 4: MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS BLANDOS

Introducción capitular..56
4. Métodos de mejoramiento de suelos blandos..57
4.1 Remoción por excavación..57
4.2 Desplazamiento..58
4.3 Otros métodos de mejoramiento del terreno de cimentación.....64
Conclusión capitular..71

CAPÍTULO 5: CONSTRUCCIÓN

Introducción capitular....74
5.Construcción....75
5.1 Desmonte....75
5.2 Despalme....78
5.3 Terraplenes....80
5.4 Bermas....88
5.5 Taludes....89
5.6 Instrumentación....93
5.7 Conservación....101
Conclusión capitular....104

CAPÍTULO 6: OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL

Introducción capitular....107
6. Obras de drenaje superficial....108
6.1 Alcantarillas....108
6.2 El bombeo....115
6.3 Los bordillos....116
6.4 Los lavaderos....118
Conclusión capitular....128

CAPÍTULO 7: CONTROL DE CALIDAD

Introducción capitular....124
7. Control de calidad. 125
7.1 Conceptos generales....125
7.2 Control de calidad en bancos de materiales....132
7.3 Especificaciones de materiales para terracerías....135
Conclusión capitular....139



CAPÍTULO 8: ALGUNOS ASPECTOS ECONOMICOS

Introducción capitular....142
8. Algunos aspectos económicos....143
8.1 Costos....145
8.2 Construcción de terraplenes....146
8.3 Construcción de obras auxiliares....150
8.4 Construcción de obras de drenaje superficial....151
8.5 Conservación....154
Conclusión capitular....156

CONCLUSIONES....158

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS....162

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

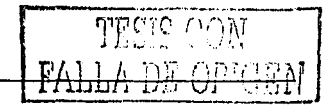
El proyecto y construcción de terraplenes sobre suelos blandos tiene gran importancia en el Estado de Sinaloa, dada la creciente necesidad de construir vías de comunicación y bordos en la franja costera donde abunda este tipo de suelos.

Esta tesis tiene como objetivo hacer una revisión de las técnicas empleadas en el proyecto, construcción y conservación de terraplenes sobre suelos blandos, para divulgar su problemática, las técnicas constructivas, los métodos de proyecto y construcción, e indicaciones en el control de calidad, entre los profesionales que intervienen en este tipo de obras.

El desarrollo capitular de esta tesis contempla una secuencia de temas necesarios para comprender la problemática y desarrollo de terraplenes sobre suelos blandos, desde su planeación hasta su construcción y conservación.

El capítulo 1 trata aspectos generales e incluye información sobre las condiciones geológicas y geotécnicas del Estado de Sinaloa, así como las características e implicaciones de los suelos blandos, en particular al apoyar terraplenes sobre ellos.

El capítulo 2 se refiere a los estudios necesarios para el proyecto y construcción de los terraplenes, desde la etapa de planeación, en la que se tratan factores geográficos-físicos, económico-sociales y políticos, además, de la manera como deben desarrollarse los estudios topográficos, geotécnicos, hidráulicos y ambientales.



El capítulo 3 trata aspectos generales de un proyecto de este tipo, los lineamientos que deben seguirse en cuanto a su geometría y los elementos de los que no se deberá prescindir.

El capítulo 4 se refiere a las técnicas usuales de mejoramiento del terreno de cimentación. Aquí se mencionan diferentes formas de tratamiento de los suelos blandos en los que se apoyaran los terraplenes; además, se comenta cual de ellas es más apropiada para las diferentes condiciones que pueden presentar esos suelos.

El capítulo 5 trata la construcción de los terraplenes, incluyendo el desmonte y despalme, cuerpo del terraplén, control de calidad y criterios de aceptación y rechazo; además, se indican las herramientas y métodos de instrumentación necesarios para determinar el comportamiento del terraplén. También se menciona la conservación requerida para una operación adecuada.

El capítulo 6 contiene las obras para drenaje superficial que protegen al cuerpo del terraplén y se indican los criterios de aceptación y rechazo, así como los espaciamientos y dimensiones mínimas que deben tener para su correcta operación.

En el capítulo 7 se refiere al control de calidad. En él se establecen criterios y análisis de control estadístico, como realizar informes de control, las características que deben tener los bancos de préstamo y la calidad de sus materiales para las diferentes capas del terraplén.

El capítulo 8 cita los aspectos que deben considerarse en los análisis de costos de las partidas más importantes en la obra, como: desmonte, despalme, los movimientos de tierra, obras de drenaje y conservación.



Esta tesis podrá servir de consulta para plantear en forma ordenada y concisa los procedimientos a seguir en el proyecto, construcción, instrumentación y conservación de terraplenes en suelos blandos.



CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES



INTRODUCCIÓN CAPITULAR

En este capítulo se menciona el origen de los suelos blandos y las zonas principales donde pueden presentarse. Para ello se delimita geográficamente el estado de Sinaloa, se describen de manera general los aspectos geológicos y las características principales de los suelos blandos. Además, se hace una recopilación de los tipos de fallas y las condiciones en las cuales pueden presentarse, si no se considera lo necesario en el proyecto y construcción.



1. ASPECTOS GENERALES.

El Estado de Sinaloa se encuentra ubicado geográficamente entre los paralelos N 27° 02' y N 22° 29' y meridianos 105° 23' y 109° 28'. Colinda al Norte con Sonora y Chihuahua, al Este con Durango y Nayarit, al Sur con Nayarit y el Océano Pacífico y al Oeste con el Golfo de California y Sonora.

En el Estado se presenta una gran variedad de procesos de intemperización, física o química, que dan origen a suelos arcillosos y/o orgánicos, los cuales, dependiendo de las condiciones ambientales en que se desarrollan, pueden dar lugar a suelos blandos. Los suelos arcillosos son abundantes en la franja costera del Estado, producto principalmente de la descomposición química de silicatos que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas de la región (Ref.1.1).

1.1 Geología regional

Las unidades litológicas existentes en el Estado de Sinaloa comprenden un rango geocronológico que va del Precámbrico al Reciente, de acuerdo a las cartas geológicas del INEGI. (Ref.1.2) y situadas como muestra esquemáticamente en la Fig.1.1 pág. 20.

El Precámbrico se manifiesta en la Sierra de San Francisco al norte del Estado.

Las formaciones del Paleozoico aparecen al oeste y sureste de la presa Miguel Hidalgo, al oeste de la presa Sanalona y al norte de la localidad de Bacubirito.

El Mesozoico presenta rocas que se encuentran diseminadas a lo largo de Sinaloa en afloramientos de poca extensión. Durante el Cretácico Superior ocurrió un conjunto de emplazamientos ígneos que formaron parte del Batolito de Sinaloa.



Están expuestas en una franja de orientación NW-SE hacia la parte oriental del Estado, aunque en el extremo sur se localizan en la porción occidental.

El Cenozoico se manifiesta en la Sierra Madre Occidental, compuesta por dos secuencias ígneas, la más antigua de rocas volcánicas intermedias y cuerpos ígneos y la más reciente por ignimbritas riolíticas y riodacíticas. Estas rocas están distribuidas en la parte oriental del Estado. Asociadas a la secuencia volcánica existe una alternancia de arenisca de grano fino a medio y toba riolítica depositadas en un ambiente continental. Se encuentran formando lomeríos en una franja NW–SE en la parte central y norte del Estado. La parte superior de la secuencia volcánica está constituida por brechas y derrames basálticos con fracturamiento, de moderado a intenso, en forma de bloques, localizados en los alrededores de la presa Miguel Hidalgo, margen derecha de la presa Adolfo López Mateos, área de Topolobampo y norte de Mazatlán. Los depósitos continentales del Terciario Superior están estructurados principalmente por conglomerados, areniscas y en menor cantidad por lutitas y limolitas. El conglomerado está integrado por fragmentos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; la lutita y limolita se presentan intercaladas en estratos delgados dentro de la unidad sedimentaria.

El Cuaternario esta caracterizado por suelos aluviales, eólicos, lacustres y palustres de la región, a los que pertenecen los suelos blandos compresibles que se tratan en esta tesis.

Los suelos aluviales son transportados por agua y están muy difundidos, en potentes espesores, en la llanura costera del norte y centro del estado, disminuyendo éstos hacia la porción oriental. El escurrimiento de torrentes provoca arrastres de materiales que se depositan en forma graduada a lo largo de su curso, correspondiendo los materiales más finos (limos o arcillas) a los depósitos de zonas planas, en los valles y desembocadura de ríos.



Los suelos eólicos son transportados por el viento de tres maneras: por suspensión, saltación, y rodamiento, según sea el tamaño de material y la velocidad de aquellos. Para que se produzca depositación, basta que el viento disminuya su velocidad hasta que las partículas de limo o los granos de arena no puedan mantenerse en el aire; así se forman tipos de depósitos cuyas características están en función del tamaño de sus materiales. Las acumulaciones de limos reciben el nombre de Loes, mientras que los de arenas medianas a gruesas se conocen como Médanos o Dunas.

Los suelos lacustres se presentan en zonas de lagunas costeras, a lo largo de los litorales del Estado, y están limitados por las barreras construidas por las olas o de deltas de los ríos. Contienen tanto agua dulce como salada. Están formados principalmente por materiales finos, estratificados, excepto en su periferia, donde suelen contener lentes arenosos. Son generalmente arcillosos y con frecuencia contienen materia orgánica (Ref.1.3).

Por último, los *suelos palustres* se forman en áreas pantanosas, y están compuestos principalmente por arcillas y materia orgánica.

Desde la zona costera, hasta la parte central del Estado, el subsuelo está compuesto por una gran cantidad de suelos cuaternarios, de naturaleza muy diversa como depósitos aluviales, suelos residuales, médanos y depósitos litorales. Aunque la estratigrafía cambia en cada sitio es común encontrar suelos arcillosos plásticos, de colores claros y obscuros, con espesores considerables. Las arcillas son las más abundantes desde la zona norte y costa de la ciudad de los Mochis hasta las costas de Escuinapa y El Rosario, incluyendo algunos municipios del Estado de Sinaloa como Ahome, Guasave, Guamúchil, Culiacán, La Cruz y Mazatlán, con sus respectivas franjas costeras, esteros y lagunas marginales que son utilizadas para granjas de cultivo del camarón.



1.2 Características de los suelos blandos

En general todas las zonas planas, costeras, del Estado de Sinaloa, son sitios con drenaje superficial deficiente, donde se depositan los suelos cohesivos blandos, en particular arcilla, con frecuencia orgánicos.

En ingeniería geotécnica se acostumbra denominar suelo blando a aquél cuya resistencia a la compresión simple es menor de 0.5 kg/cm^2. Estos suelos son generalmente de origen aluvial y lacustre y están formados por arcillas o limos plásticos, con contenidos variables de materia orgánica y en ocasiones turbas (Ref.1.4).

Es necesario conocer las características de los suelos blandos, con el objeto de determinar su presencia y el probable comportamiento ante las diversas acciones a las que serán sometidos.

1.2.1 Arcillas

Son suelos cuyas partículas tienen forma típica de escamas con estructura compleja que puede ser floculenta. Las partículas son menores de 74 micras (0.0074mm) por lo que las fuerzas gravitacionales no ejercen influencia apreciable sobre ellas pero si las fuerzas físico-químicas. Las arcillas se clasifican a partir de sus limites de consistencia (Ref.1.5). Se identifican en campo por su dilatancia nula, alta resistencia en estado seco y gran tenacidad en él limite plástico.

La resistencia al esfuerzo cortante depende de la vinculación que existe entre las partículas sólidas, la cual se ha designado con el nombre de cohesión aparente. Son materiales tixotrópicos, es decir, al ser remoldeados y perder su estructura natural, la recuperan a través del tiempo. Su estructuración depende en forma

importante de la carga de preconsolidación a la que han estado sujetas en su historia geológica.

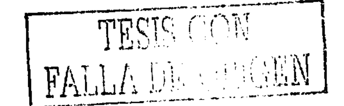
Una propiedad de interés de los materiales arcillosos, relacionada con su resistencia al esfuerzo cortante, es la sensibilidad o sensitividad, que se define como la relación que existe entre la resistencia a la compresión simple en los estados natural y remoldeado, a humedad constante. El grado de sensibilidad es diferente para las distintas arcillas y puede diferir para una misma arcilla con su contenido de agua.

Otra característica importante de las arcillas blandas es su susceptibilidad a disminuir su volumen con el tiempo al soportar cargas mayores que la de preconsolidación. Respecto a su permeabilidad, esta es muy reducida con coeficientes contemplados entre 10^{-7} y 10^{-9} cm/s (Ref.1.4).

1.2.2 Turbas

Son suelos constituidos fundamentalmente por materia orgánica, producto de la descomposición de vegetales que estuvieron sometidos a condiciones de humedad alta. Generalmente se producen por el depósito natural, durante un periodo muy largo, de restos de plantas mas o menos descompuestos, por lo que su contenido de materia orgánica puede ser mayor del 50%. En la naturaleza se presentan en pantanos o zonas con nivel freático muy cercano a la superficie del terreno. Sus propiedades están gobernadas por el grado de descomposición de la materia orgánica, la cantidad de materias minerales y su consistencia.

De acuerdo con un sistema de clasificación alemán (Ref.1.4), las turbas pueden dividirse en tres categorías que dependen del tipo de plantas que hayan intervenido en su formación: turbas bajas, intermedias y altas. Sin embargo, esta clasificación no se relaciona con las propiedades físicas del material. Las



propiedades de las turbas varían granularmente debido a las diferencias en el proceso de formación, así como a las condiciones de drenaje en el sitio de depositación, profundidad en las aguas superficiales e influencia de las crecientes de los ríos adyacentes.

Las propiedades físicas de las turbas han sido poco estudiadas debido a que la dificultad de efectuar pruebas mecánicas en ellas. Son de apariencia esponjosa, color negro pardo, con olor característico. Su textura es fibrosa debido a la acumulación de material vegetal; peso volumétrico poco variable (en general inferior a 1 t/m^3) y contenido de agua elevado. Presentan una marcada anisotropía entre las direcciones horizontal y vertical, con una relación usualmente del orden de 2, aunque al contener arcilla también se altera, elevándose hasta valores comprendidos entre 3 y 6. Su permeabilidad es muy variable dependiendo de la cantidad de materia mineral que contengan; en general son permeables, con coeficiente de permeabilidad entre 10^{-3} y 10^{-2} cm/s cuando no están contaminadas con arcillas, o de 10^{-4} y 10^{-5} cm/s cuando si lo están.

La resistencia al esfuerzo cortante de las turbas puede estimarse con veleta de campo; sus valores alcanzan 0.5 kg/cm^2, aunque en general son de 0.1 kg/cm^2, aumentando con el contenido de materia mineral.

La consolidación de las turbas es una de sus características más importantes, dado que su reducción de volumen es muy grande. La consolidación primaria ocurre en un lapso corto, mientras que la consolidación secundaria se presenta en un lapso de tiempo prolongado.

Las pruebas de consolidación convencionales en turbas, han mostrado que éstas son mucho más compresibles que las arcillas y presentan además deformaciones laterales muy importantes bajo cargas constantes (flujo plástico).



La heterogeneidad del material ocasiona notorios hundimientos diferenciales en terraplenes apoyados sobre estos tipos de materiales.

1.3 Problemática de los suelos blandos

En Sinaloa los suelos blandos se presentan en grandes extensiones de la zona costera y centro del Estado, que es donde están presentándose los desarrollos urbanos más importantes y donde surge la necesidad de crear vías de comunicación y mejorar terrenos para su aprovechamiento.

En esos desarrollos tienen importancia notable la construcción de terraplenes y rellenos sobre suelos blandos, los cuales implican problemas especiales en su cimentación, construcción y conservación.

Desde el punto de visa de construcción el suelo blando no permite que la maquinaria trabaje con efectividad y la cohesión de materiales arcillosos hace que se adhiera a los sistemas de rodaje del equipo; en algunos casos para transitar es necesario cubrir la superficie con capas de material granular inerte. Sin embargo, los problemas más grandes se presentan con los asentamientos que se manifiestan en las diferentes formas, ya sea por resistencia o de deformación.

La problemática del suelo blando se presenta, aún para terraplenes relativamente pequeños, causando deficiencias en su comportamiento, las cuales se agravan cuando se requiere de altura mínima necesaria en zonas de inundación y en cruces con ríos, esteros, acceso a puentes y pasos a desnivel. Entre los principales problemas se citan los siguientes (Ref.1.6):

- Pérdida del bombeo en la corona del terraplén.
- Asentamientos diferenciales en el sentido longitudinal, por heterogeneidades en el terreno de cimentación.

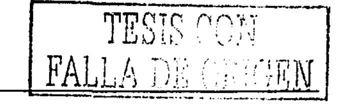
- Pérdida de altura del terraplén.
- Mal comportamiento de las obras de drenaje menor.
- Agrietamientos en la corona del terraplén.
- Desniveles entre los terraplenes de acceso y las estructuras apoyados en cimentaciones profundas.
- Asentamientos a largo plazo por consolidación secundaria.
- Riesgo de licuación cuando existan suelos arenosos finos, uniformes, sueltos, bajo el nivel freático.

Las fallas por resistencia al corte ocurren en forma súbita y catastrófica. Por otra parte, el comportamiento de los rellenos y terraplenes manifiestan la presencia de los suelos blandos cuando aparecen ondulaciones o baches de grandes extensiones, agrietamientos paralelos en el terraplén y a distancias que están en función de la altura y ancho del mismo.

Las fallas anteriores generalmente indican un proyecto inadecuado del terraplén o una construcción y conservación deficientes. Es frecuente la falta de estudios apropiados, los que en muchas ocasiones no consideran los efectos del suelo blando bajo los terraplenes o rellenos.

El comportamiento adecuado de un terraplén depende tanto de los espesores del suelo blando de cimentación como de la naturaleza y espesor de los materiales del terraplén. Cuando se coloca el terraplén sobre suelos blandos, pueden ocurrir asentamientos diferenciales o totales importantes.

Un terraplén sobre suelos blandos puede fallar en tres formas: por resistencia al esfuerzo cortante (capacidad de carga), por flujo plástico y por hundimientos intolerables (Ref.1.7).



a) Por resistencia al esfuerzo cortante.

Este tipo de falla se manifiesta de manera instantánea y ocurre en el cuerpo del terraplén o en los taludes, con deslizamientos a lo largo de una superficie curva que se desarrolla al interior del cuerpo del talud, interesando o no al terreno de cimentación. La falla ocurre cuando los esfuerzos sobrepasan la resistencia del material de apoyo.

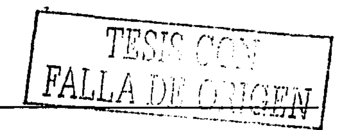
b) Por flujo plástico.

Consiste en una deformación continua, originada por la inducción de un esfuerzo constante que se presenta en suelos con resistencia al esfuerzo cortante baja y que, sometidas a una prueba de resistencia esfuerzo-deformación acusan una falla de tipo plástico.

Cuando la concentración de esfuerzos en un punto es de tal magnitud que alcanza al esfuerzo máximo, el material comienza a comportarse plásticamente, lo que origina una redistribución de los esfuerzos a los puntos adyacentes, que al no encontrarse en este estado critico, lo irán alcanzando progresivamente, produciéndose así una falla de tipo plástico. Bajo estas condiciones el material empieza a desplazarse hacia las partes de mínima resistencia y se dice que falla plásticamente. Los efectos antes mencionados, originan que la estructura se deforme con hundimientos diferenciales importantes.

c) Por hundimiento.

Las fallas por hundimiento ocurren en suelos muy compresibles a los que se les aplican cargas. Se dice que un terraplén ha fallado cuando el hundimiento ha excedido un valor permisible, cuando se ha producido una fractura en la estructura que soporta, o cuando se presentan hundimientos diferenciales inaceptables.



Los hundimientos son causados tanto por consolidación primaria como secundaria. La magnitud y velocidad de la deformación dependen de varios factores tales como la permeabilidad del manto compresible, el espesor, las condiciones del drenaje en los materiales de los estratos superiores y subyacentes y el incremento de presión.

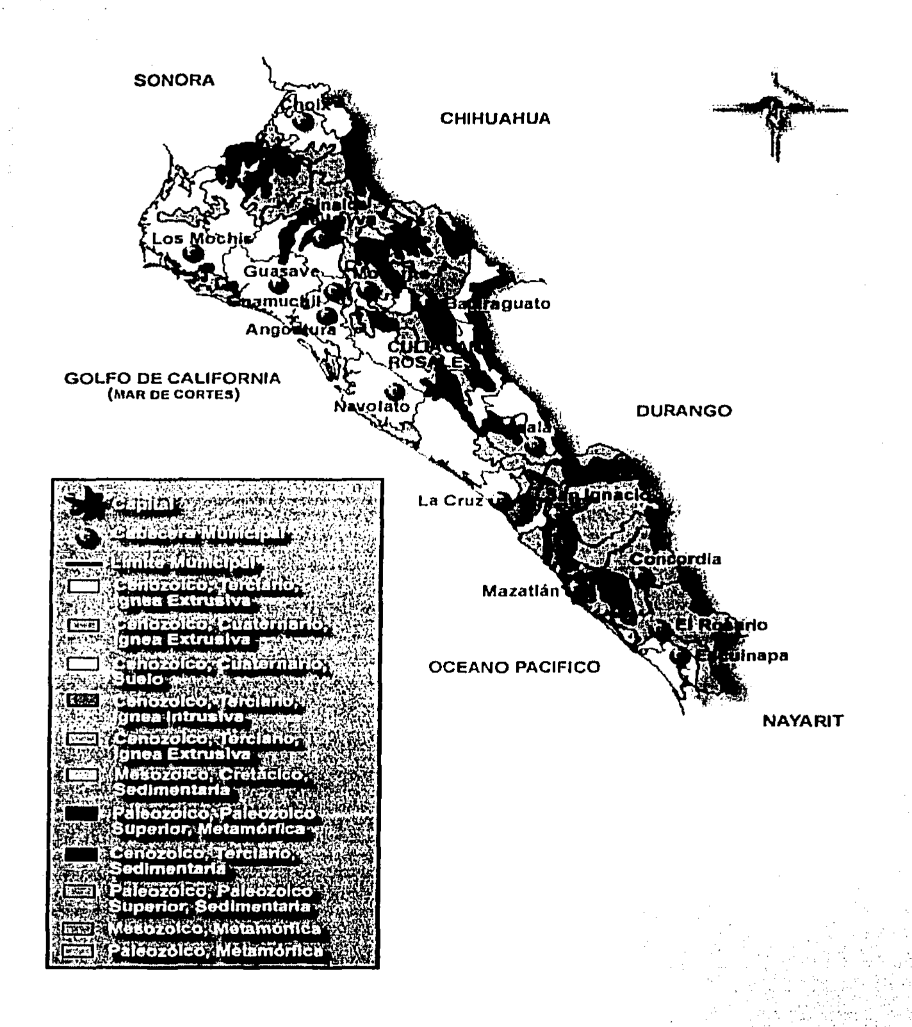


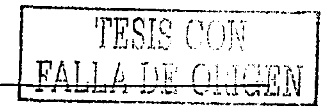
Fig. 1.1 Mapa geológico del Estado de Sinaloa. Ref. 1.1



CONCLUSIÓN CAPITULAR

Existe gran cantidad de información que permite determinar o anticipar la presencia de suelos blandos. Se pueden conocer las características, las propiedades físicas de los suelos y la manera en que puede fallar la estructura que se coloque sobre éstos.

Todo lo anterior permite tener una idea de la importancia de determinar la presencia de estos suelos y conduce a la siguiente pregunta: ¿cuáles son los estudios necesarios que deben realizarse para un adecuado proyecto y construcción de terraplenes?.



Referencias :

1.1 http//:sin.inegi.gob.mx/territorio/espanol/geologia2.htm

1.2 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estudio Hidrológico del Estado de Sinaloa. 1996.

1.3 Puig B. J. Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y Fotointerpretación. Edición 1ra, Capítulo III Suelos.

1.4 Sosa G. R. Tesis "Comportamiento de los terraplenes ante los fenómenos de consolidación y flujo plástico del terreno de cimentación y soluciones posibles para su mejoramiento", 1963.

1.5 Juárez B. E. y Rico R. A. Mecánica de Suelos. Edición 2da vigésimo segunda reimpresión. México D.F. 2003. Editorial Limusa. Tomo 1. Capítulo 1.

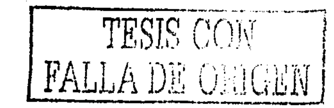
1.6 A. Rico y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Decimoquinta reimpresión. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 1. Cap. III.

1.7 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Manual de Construcción Geotecnia. Tomo 1. Capítulo 8.



CAPÍTULO 2

ESTUDIOS



INTRODUCCIÓN CAPITULAR

En este capítulo se tratan los principales estudios que se requieren para lograr un proyecto que equilibre, coordine y promueva un completo y adecuado desarrollo en la zona de estudio. Se mencionan los centros de información que se deben consultar para los diferentes estudios en que consiste la etapa de planeación, y en que consisten los estudios topográficos, geotécnicos, hidráulicos y ecológicos, con el objetivo de que se los estudios se puedan analizar definir el proyecto y sus métodos constructivos.



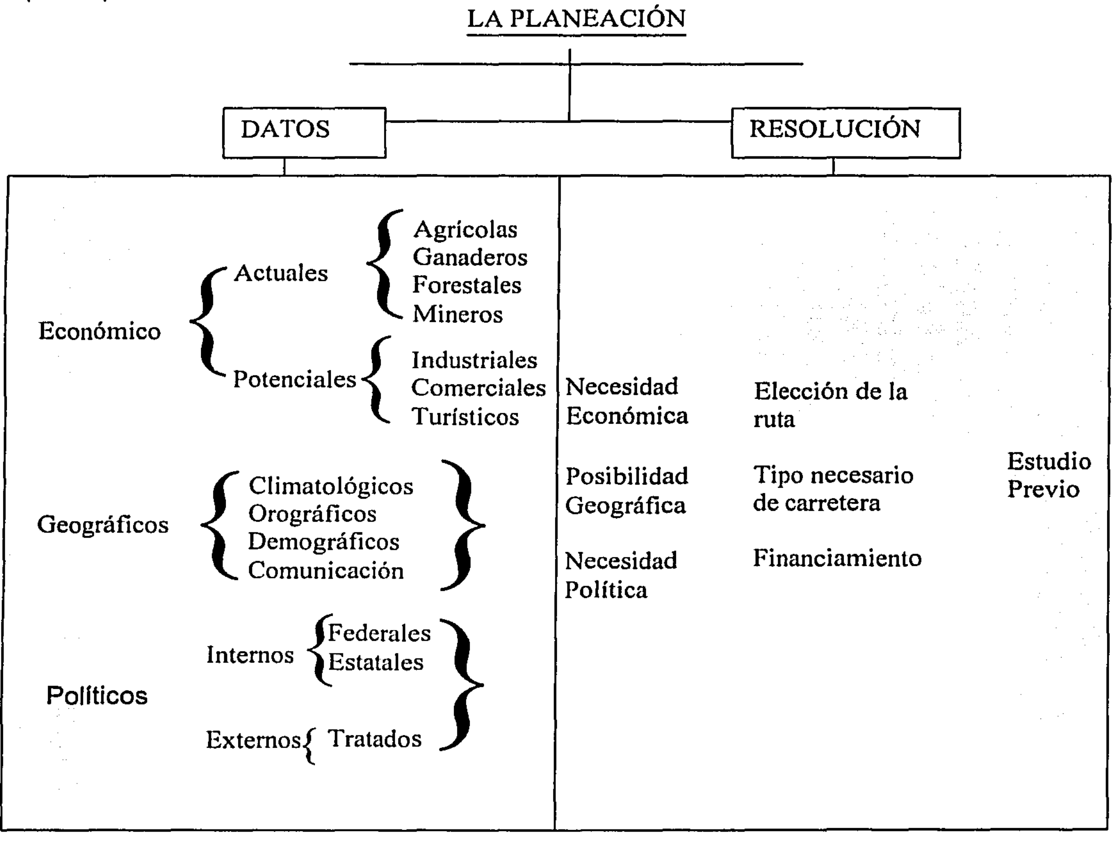
2. ESTUDIOS

Para el proyecto y construcción de un terraplén se requiere contar con los estudios necesarios y suficientes que permitan un desarrollo adecuado. En este capítulo se tratan los principales estudios que se requieren para dicho proyecto y construcción, en especial los topográficos, hidráulicos, geotécnicos y ambientales.

En el desarrollo adecuado del proyecto, construcción y conservación de un terraplén es importante establecer las etapas de planeación. La planeación consiste en agrupar, dentro del análisis técnico, de manera armónica y coordinada, todos los factores geográficos físicos, económico - sociales y políticos que caractericen a la región. Lo anterior permite determinar los problemas y deficiencias de toda índole, las zonas de mayor actividad humana actual y aquellas económicamente potenciales, para dar como resultado un estudio previo a las comunicaciones como instrumento eficaz para ajustar, equilibrar, coordinar y promover el adelanto más completo de la zona considerada (Ref.2.1).

Los aspectos que comprende la planeación de un terraplén sobre un suelo blando quedan contemplados en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Aspectos comprendidos en la planeación de un terraplén o relleno en suelos blandos (Ref.2.1).



Como resultado de la etapa de planeación podrá definirse:

- La delimitación de rutas.
- La superficie por analizar con fotos aéreas a escala mínima de 1:25 000.
- Informe socioeconómico de la región.

- Informe geológico, en particular de las zonas problemáticas para el desarrollo.
- Planos resultados de la fotointerpretación, a escala 1:50,000 como mínimo.
- Especificaciones generales de construcción.
- Inversión y rentabilidad del proyecto.

Los datos y condiciones fijados por la planeación y los resultados de la etapa de planeación son la base y punto de partida del proyecto. Con los datos y especificaciones fijadas, el proyecto se realiza a través de estudios topográficos, geotécnicos, hidráulicos y ambientales.

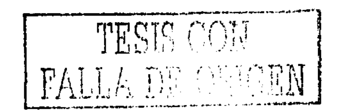
2.1 Estudios topográficos

Los estudios topográficos comprenden tres etapas generales, dentro de las cuales existe una diversidad de aspectos que es necesario tomar en cuenta para el proyecto y construcción del terraplén (Ref.2.2).

1. Reconocimientos topográficos y localización de las rutas posibles.
2. Elección de la ruta definitiva. Levantamiento topográfico, estudio del trazo y movimiento de terracerías, estudio de los cruces y trazo definitivo sobre el terreno.
3. Afine del trazo y planos de construcción.

2.1.1 Reconocimiento topográfico y localización de rutas posibles.

Este trabajo se apoya en gran cantidad de información que debe obtenerse, entre los que destacan:

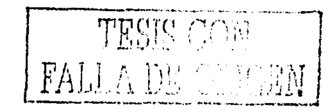


1. Mapas topográficos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).
2. Fotogrametría. Las operaciones más comunes dentro de un levantamiento fotogrametríco (Ref.2.1) son:

- Estudios sobre planos disponibles de la región para planificar el trabajo, determinar las líneas de vuelo, escala de la fotografía, superposición o traslapes de las fotografías, tamaño de los negativos, altura de vuelo.
- Reconocimiento del terreno por fotografiar.
- Fijación de puntos de control terrestre básico, planimétricos y altimétricos para lograr la correcta orientación y localización de los puntos sobre la fotografía aérea.
- Toma, desarrollo, clasificación y numeración de las fotografías.
- Ensamble de mosaicos o disposición secuencial de las fotografías en conjunto de manera que representen el área deseada.
- Elaboración de planos obtenidos por el sistema de restitución fotogramétrica.

Con lo anterior se obtienen datos valiosos como:

- Ubicación de poblaciones, rancherías y casas aisladas.
- Localización de las carreteras, ferrocarriles, caminos y veredas.
- Presencia de obras de ingeniería.
- Drenaje natural.
- Características geológicas de la zona.
- Detección de zonas probables de suelos blandos.
- Sitios de bancos de materiales.
- Topografía de la zona.
- Definición del uso de tierra.





El estudio de las rutas tiene por finalidad seleccionar aquella que reúna las condiciones óptimas para el desarrollo del trazo. El estudio se realiza sobre mapas de la región, con curvas de nivel, usualmente en escala de 1:25000 a 1:100,000, lo que permite señalar desniveles, cruces y otros datos de interés. En este estudio deben incluirse los controles primarios que guían el alineamiento general del trazo y por los cuales éste debe pasar, así como los controles secundarios como cruces, carreteras existentes, zonas de terreno firme y sitios de puentes.

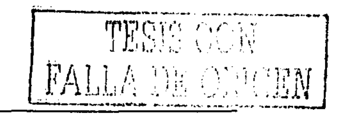
Una vez orientado el alineamiento general de la vía y con los datos adquiridos y anotados sobre los mapas, es posible señalar en ellos varías rutas probables entre las cuales se elige el trazo del terraplén.

En campo se examinan las fajas o zonas de terreno que corresponden a las rutas viables para descubrir características sobresalientes que harían superior una ruta sobre las demás. En recorridos de campo se obtienen datos complementarios de la región, para tener una idea del probable costo de construcción de la vía, anticipar sus efectos potenciales en el desarrollo económico de las zonas que atraviesa, estimar los efectos destructivos en el paisaje natural y determinar las características geológicas.

2.1.2 Elección de la ruta definitiva.

Las operaciones para la elección de la ruta definitiva son las siguientes:

1. Levantamiento topográfico final de la franja de la ruta elegida, tanto en planta como en elevación.
2. Diseño del terraplén en planta, según especificaciones de proyecto geométrico.
3. Localización física del eje del terraplén, mediante la colocación de estacas a intervalos cortos (5 a 20 m).



4. Nivelación del eje estacado, para determinar el perfil del terreno a lo largo de dicho eje.
5. Dibujo del perfil y anotación de las pendientes longitudinales.
6. Determinación de las secciones transversales del terraplén.
7. Cálculo de volúmenes y programación de las labores de movimientos de tierras.
8. Trazo y localización de obras menores con respecto al eje del terraplén.
9. Localización y señalamiento de los derechos de vía ó zonas legales de paso a lo largo del eje del terraplén.

2.1.3 Afine del trazo

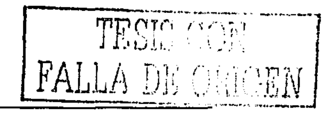
Dentro de la tercera etapa están comprendidos los trabajos finales de gabinete sobre la ruta elegida, la cual constituye la base para la selección definitiva del trazo y proporciona información para preparar presupuestos preliminares de la obra, y afinar en su caso el trazo.

2.2 Estudios geotécnicos

Para definir la estructura más apropiada del terraplén de acuerdo a las condiciones del subsuelo, se requiere realizar estudios geotécnicos (Ref.2.3).

Los estudios geotécnicos comprenden:

1. Recopilación de información existente.
2. Obtención de la información del proyecto.
3. Obtención de los datos de proyecto.
4. Análisis e interpretación de resultados.
5. Recomendaciones de diseño geotécnico y generales de construcción.



2.2.1 Recopilación de información existente.

Es conveniente que el estudio contenga la información previa recopilada de:

- Investigaciones del subsuelo y de bancos de préstamo identificados por dependencias municipales, estatales y federales para obras realizadas con anterioridad.
- Comportamiento de terraplenes o estructuras importantes cercanas al sitio donde se va ha construir.
- Información de Ingenieros o contratistas con experiencia previa en la zona.
- Cartas, mapas y publicaciones de dependencias como INEGI y sociedades técnicas como la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS).

2.2.2 Información del proyecto.

El estudio geotécnico debe contener los datos generales del proyecto, como:

- Localidad.
- Características hidráulicas del sitio.
- Configuración topográfica.
- Proyecto geométrico del terraplén.
- Cargas estimadas al subsuelo.

Cuando no se dispone de esa información, es de gran importancia que los diversos especialistas que intervienen en la obra se coordinen y mantengan entre sí una continua y estrecha comunicación.



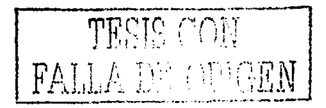
2.2.3 Investigación del subsuelo

El estudio geotécnico debe indicar claramente los trabajos de campo relacionados, tales como: reconocimientos directos del sitio, exploración y muestreo de los suelos, pruebas de campo y mediciones realizadas en el lugar, resultados de ensayes de laboratorio.

El reconocimiento del sitio, efectuado por el ingeniero responsable del estudio geotécnico, permite la observación de las condiciones geotécnicas e hidráulicas del lugar, la estabilidad de cortes y terraplenes existentes, las características de bancos de materiales y el comportamiento de las obras construidas.

La exploración y muestreo del subsuelo es realizada con equipo y personal especializado. Tiene como fin primordial la extracción de muestras del subsuelo, alteradas y/o inalteradas, para determinar su estratigrafía y propiedades. Existen diversas técnicas de exploración y muestreo que se realizan bajo normas estándares. En el Estado de Sinaloa se acostumbran sondeos del tipo de penetración estándar y del tipo mixto, donde se combina el procedimiento anterior con el muestreo inalterado mediante tubos Shelby para los suelos blandos. Se pueden usar también sondeos con cono dinámico o estático.

Entre los ensayes y mediciones de campo que con frecuencia se realizan en suelos blandos están la determinación de las propiedades mecánicas de los suelos "in situ", la evaluación de ciertas propiedades índice y la medición del estado de presiones de agua en el subsuelo, incluyendo nivel freático, con piezómetros. Aunque la determinación de las propiedades mecánicas en el sitio representa mayor costo y por lo regular consume más tiempo que las efectuadas en el laboratorio, cuando el proyecto lo justifica, es imprescindible su realización.

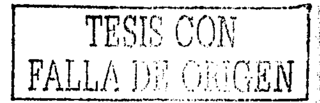
Los ensayes de laboratorio tienen como principal objetivo la identificación y clasificación de los suelos conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la determinación de sus propiedades índice y mecánicas.

Al determinar las propiedades mecánicas de los suelos se tratan de representar las condiciones que prevalecen o prevalecerán en el sitio. Dado que estas propiedades sólo pueden definirse a partir de las muestras inalteradas, cuando las limitaciones por el propio suelo dificultan su determinación en laboratorio se recurre a correlaciones con las propiedades índice inalteradas. Es importante que las muestras inalteradas lleguen al laboratorio intactas y que al preparar los especimenes su alteración sea mínima, además de que los ensayes que se programen sean los adecuados. Aunque en la práctica cualquier muestra "inalterada" sufre cierta alteración, se debe procurar que sea lo menos posible, de lo contrario carece de sentido cualquier intento de precisión en los ensayes de laboratorio y análisis que posteriormente se realizan.

2.2.4 Análisis.

A partir de los resultados de la investigación del subsuelo, el estudio geotécnico se debe definir, con suficiente precisión, el perfil estratigráfico y las propiedades del subsuelo. Esta información, en conjunto con los datos del proyecto y los factores ambientales que tienen influencia en la obra, sirven de base para los análisis de cimentación o mejoramiento de suelo que proceda. En los análisis los aspectos constructivo y económico son fundamentales y no deben soslayarse.

Los análisis que se realizan para terraplenes sobre suelos blandos comprenden principalmente la revisión de su estabilidad y la determinación de las deformaciones que pueden generarse. En caso de bordos para retención de agua es importante además la permeabilidad.



2.2.5 Recomendaciones geotécnicas.

Por lo general todos los estudios geotécnicos presentan en sus conclusiones un resumen de las características del subsuelo existentes en el sitio explorado, incluyendo estratigrafía y propiedades, condiciones hidráulicas o especiales y el tipo de mejoramiento que se considere mas apropiado atendiendo a las razones de estabilidad, comportamiento, constructivos y de costos.

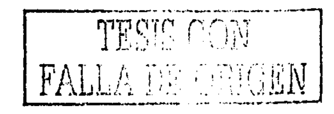
Las recomendaciones, por su parte, van enfocadas tanto a aspectos de diseño como de construcción, entre ellas se encuentran:

- Presión de contacto admisible del terreno de cimentación.
- Estabilidad de taludes del terraplén.
- Magnitud de los asentamientos.
- Procedimiento constructivo más conveniente

La correcta aplicación de los procesos constructivos es fundamental para no alterar las condiciones naturales de los suelos; por tal motivo es siempre recomendable que en terraplenes en suelos blandos se coloquen los instrumentos necesarios y realicen las mediciones de control adecuadas para conocer y evaluar su comportamiento, como se indica en el Capítulo 5.

2.3 Estudios hidráulicos

Los estudios hidráulicos tienen como fin considerar todos los aspectos que por la presencia agua deben ser considerados en el diseño del terraplén. Uno de sus principales objetivos es determinar el área hidráulica de las obras de drenaje que se requieren, los cuales tendrán la función de permitir el paso del máximo caudal de agua, de modo que no cause daños al terraplén ni a la propia obra de drenaje.



Entre las obras comunes, para permitir el paso del agua a través del terraplén se encuentran las alcantarillas.

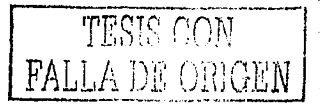
Para proyectar hidráulicamente una alcantarilla puede optarse por alguno de los cinco procedimientos siguientes (Ref.2.4).

- Por comparación.
- Empírico.
- Método de sección y pendiente.
- Método de precipitación pluvial.
- Método de procedimiento racional.

Procedimiento por comparación. El método es recomendable para aquellos casos en los que se pretende construir una alcantarilla donde ya existía otra, o cerca de otra existente. Para aplicar este procedimiento es necesario que las huellas del nivel de aguas máximo encontradas en la alcantarilla existente sean claras o que se puedan obtener datos verídicos de los vecinos del lugar relativos al nivel mas alto alcanzado por el agua, en ambos casos durante un periodo no menor de 10 años.

Procedimiento empírico. Se usa cuando no ha existido previamente una alcantarilla en el lugar y cuando no existen datos del gasto máximo en el cauce, ni de la precipitación pluvial. El método está muy generalizado y emplea fórmulas empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y de las características topográficas de la cuenca por drenar.

Método de sección y pendiente. Consiste en determinar el gasto del cauce por medio de secciones hidráulicas definidas y de la pendiente del arroyo. Para ello se requiere conocer las huellas de las aguas máximas en el sitio donde se colocará la alcantarilla y determinar la sección y la pendiente del cauce en el cruce, así como



en dos secciones definidas donde las márgenes sean altas y sobrepasen el nivel de las aguas máximas.

Método de la precipitación pluvial. Consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable del agua de lluvia. Se requiere conocer la precipitación pluvial en el área a drenar, su topografía y el suelo. De los tres últimos datos, el más difícil de obtener es el de la precipitación pluvial, pues debe determinarse de una base de datos de años atrás.

Método racional. Con este método se aplica una fórmula que toma en cuenta que el gasto que escurre sobre la superficie es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria.

Cuando se proyecta una alcantarilla, ya sea por el método de comparación o por el empírico, el área se obtiene directamente y por tanto puede procederse a proyectar su forma y pendiente. En cambio, cuando se utiliza el método de sección y pendiente, el de precipitación pluvial o el racional, lo que se obtiene es el gasto que llega a la alcantarilla y, por lo tanto, es necesario calcular el área hidráulica que permitirá el paso a dicho gasto.

Por lo general las obras de drenaje se proyectan para que nunca trabajen como conducto lleno, ya que ello supone que el nivel del agua se eleva a la entrada de la alcantarilla y traería como consecuencia inundaciones en las áreas limitadas por el terraplén.

Hidráulicamente las alcantarillas pueden trabajar con o sin carga. Las alcantarillas sin carga son aquellas que tienen salida libre, es decir, en las que el agua escurre por el tubo y sale de él sin ser retardada por agua estancada en su extremo inferior. Cuando el agua no tiene rápido desagüe, como es el caso que es obstruido por una masa de agua estancada, la salida de la alcantarilla puede estar



ahogada o semiahogada, existiendo la posibilidad de que el tubo trabaje forzado.

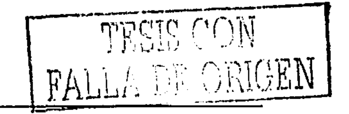
En longitudes grandes de terraplenes es difícil analizar cada alcantarilla o paso de agua. Estos elementos casi nunca fallan por capacidad de carga o gasto, sino por construcción defectuosa o falta de conservación.

2.4 Estudios ambientales

El objetivo de la evaluación ambiental es asegurar que los problemas potenciales sean identificados y tratados en la fase inicial de la planificación y diseño del proyecto. En esta etapa es cuando las alternativas deseables, desde el punto de vista ambiental, pueden considerarse en forma realista y los planes de implementación y operación pueden ser diseñados para responder a los problemas ambientales con una máxima efectividad (Ref.2.5).

Los impactos ambientales significativos en terraplenes son, entre otros, la modificación de uso del suelo por la ocupación de ellos, la pérdida de la cubierta del suelo y de la vegetación asociada, la erosión hídrica y eólica del suelo por degradación del mismo y por la separación de la cubierta vegetal que contribuye a retener el suelo y la compactación del suelo y modificación del drenaje natural, del contenido de oxígeno en el suelo, con la consecuente desaparición de microorganismos. De manera general los impactos ambientales más significativos se presentan durante la etapa de construcción.

Estos impactos significativos en general son irreversibles y sólo se pueden minimizar a través de una correcta ubicación de los proyectos, buscando afectar al mínimo los recursos con los que interactuará el terraplén, la óptima selección del trazo, planeación y diseño adecuados para lograr realizar un proyecto lo más armónico posible con el ambiente.



Se considera que para los impactos significativos citados, una medida de prevención que debe aplicarse es la ubicación del trazo en armonía con el medio ambiente y en concordancia con los Estudios de Ordenamiento Ambiental y los Planes de Desarrollo Estatales y Municipales, así como lo referente a vegetación, sobre todo si existen especies en peligro de extinción.

En general se recomienda promover el rescate de la vegetación a través de un programa que incluya el retiro de especies, preservación durante su traslado, resiembra, supervisión y seguimiento de estas acciones para determinar su éxito.

Por otra parte, existen además impactos no significativos, que son temporales y en general ser reversibles, restableciéndose el ambiente una vez que se termina la fase de construcción. Entre estos impactos se encuentran la emisión de contaminantes por uso de maquinaria y equipo, emisión de polvo por la remoción y acarreo de materiales, ruido, desplazamiento de la fauna por pérdida de la cubierta vegetal y pérdida de microorganismos.

Para estos impactos no significativos, las medidas de mitigación son, entre otras, el control de las emisiones a través del mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y equipo, el uso de combustibles limpios y de aditivos que promuevan una combustión eficiente, cumpliendo con los límites máximos permisibles de las Normas Oficiales Mexicanas Vigentes (NOM). Además, la colocación de mallas para protección de los cuerpos de agua, desarenadores y rejillas con la apertura necesaria para la retención de sólidos, no depositar a cielo abierto los residuos líquidos producto de las actividades de mantenimiento de maquinaria, evitar la disposición sobre el suelo de los residuos sólidos orgánicos producto de la ingesta y desechos de los trabajadores, colocando tambos para depósito de basura y recolectar los materiales de construcción.

Los trabajos de construcción de terraplenes como desmonte, despalme, uso de bancos de materiales, y de maquinaria, entre otros, generan impactos ambientales que principalmente en la modificación de drenajes, eliminación de flora, disminución de la productividad primaria de la vegetación aledaña a caminos de acceso y de la zona de influencia del terraplén.

Dependiendo de los estudios geotécnicos, topográficos, hidráulicos y del procedimiento constructivo, el estudio del impacto ambiental para el desarrollo de terraplenes en Sinaloa, ofrece una gran variedad de soluciones que mitigan las consecuencias ambientales.

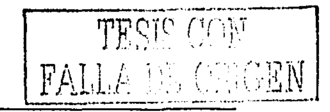
En los nuevos desarrollos que se realizan en el Estado se requiere implementar acciones que disminuyan los efectos ambientales negativos, los cuales se deben considerar desde las etapas de planeación y proyecto, para que durante la construcción y la operación de la obra se vean aminorados. El estudio ambiental debe incluir al menos las siguientes recomendaciones (Ref.2.6):

a) Elección de la ruta y del área del terraplén

Es de gran importancia que en la definición de la ruta o la zona para desarrollar un terraplén, se eviten terrenos de alta productividad agrícola o de reservas ecológicas, por lo que en algunos casos se podrían tomar como opción terrenos más difíciles, lo que llevaría a un costo mayor de los terraplenes a cambio de no causar daños ecológicos a la zona.

b) Desmonte y despalme

Para no causar alteraciones o minimizarlas, debe cuidarse el drenaje superficial que se modifica por la limpieza y desmonte. Con tal función se aplican las siguientes medidas de mitigación:



- Procurar que el desmonte no sea excesivo, de mayor área de la necesaria.
- Retirar el material producto de desmonte, en forma inmediata para evitar obstrucciones en el drenaje, depositándolo fuera del área de protección ecológica y en tiraderos previamente localizados y autorizados por las autoridades estatales y/o federales.
- Establecer un proceso de reforestación a ambos lados de la franja afectada o alrededor de ella, con un número mayor de árboles o plantas que las cortadas. Las especies vegetales deberán ser propias de la zona, para garantizar su crecimiento adecuado.
- Almacenar la capa vegetal producto del despalme para su posterior uso una vez que terminen los trabajos tanto de explotación de bancos como de construcción del terraplén.

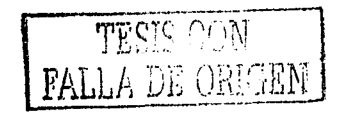
c) Formación de plataformas de desperdicio.

De fundamental importancia para la mitigación ambiental es la localización más conveniente de los sitios donde se formen plataformas de desperdicio, mismas que usualmente corresponden a zonas cercanas a la obra pero poco visibles, de preferencia con vegetación rala o carente de ella.

Todo el material de desperdicio debe extenderse convenientemente, formando plataformas, y al final, vegetar las superficies expuestas.

d) Explotación de bancos de materiales.

Para minimizar los daños a las zonas de bancos se recomienda que los cortes y los terraplenes sean de igual volumen. De utilizar materiales de banco, cuando se terminen los trabajos de explotación de éstos, debe compactarse su superficie expuesta para evitar la erosión de los suelos y efectuar los tratamientos de recuperación o reforestación.



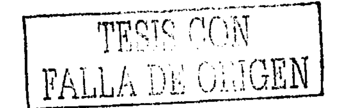
e) Obras de drenaje y muros de retención

Es importante cuidar que los impidan el escurrimiento natural de las corrientes de agua, formando represas. El estudio hidrológico permitirá determinar las cuencas que se afectarán, determinando un sistema adecuado de drenaje para permitir que el flujo de agua lo más apegado posible a su condición anterior a la obra.

f) Otras acciones para mitigar el impacto ambiental

Entre otras acciones que ayudan a disminuir el impacto ambiental está la implementación de un sistema estricto de control de ruidos y vibraciones durante los trabajos de construcción, así como acciones de control enérgicas, que eviten en lo posible la derrama de combustibles o sustancias que afecten la calidad del suelo, aire, vegetación o fauna.

Se recomienda que los programas de obra se ajusten al menor tiempo posible y que exista un riguroso control de los mismos, para evitar largos periodos de tiempo entre la realización del desmonte, el despalme y la reforestación, y así evitar erosiones.



CONCLUSIÓN CAPITULAR

El conjunto de estudios descritos en este capítulo proporciona bases para proyectar adecuadamente la ruta del terraplén, las características hidráulicas, geológicas y ecológicas más adversas. Muestra los aspectos que deben cuidarse al realizar los estudios; además, indican el alcance y detalle que deben tener esos estudios para ofrecer las posibles soluciones al problema.



Referencias:

2.1Crespo V. C. Vias de Comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. 2da edición. Editorial Limusa. México D.F. 1989.

2.2 http://espanol.geocities.com/intopgeo_pa/estudios.htm

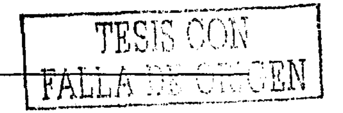
2.3 Martínez M. J. Estudios geotécnicos, y notas de la clase Construcción de Cimentaciones.

2.4 Ref. 2.3 y 2.2

2.5 Catálogo de impactos ambientales generado por las carreteras y sus medios de mitigación. Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Sanfandila Qro. 1999.

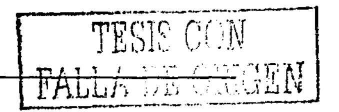
2.6 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Catálogo de Estudios Hidrológicos del Estado de Sinaloa. 1994.

CAPÍTULO 3
PROYECTO



INTRODUCCIÓN CAPITULAR

Este capítulo establece los principios fundamentales para definir el cuerpo del terraplén y establece el desarrollo del proyecto en tres etapas. Se indica cuándo debe iniciarse el proyecto y se menciona la relación entre los estudios y los elementos que definen el proyecto geométrico.



3. PROYECTO

Con el acopio de datos del capítulo anterior como los estudios sobre las cartas topográficas, reconocimientos aéreos y terrestres, fotointerpretación y estudios topográficos y geológicos se procede con la metodología del proyecto del terraplén la cual tiene como principios fundamentales lo siguiente:

1. Son más costosas las fallas que se reflejan en una obra ya terminada, que el costo adicional que significan los estudios necesarios y el proyecto adecuado para reducir o eliminar la posibilidad de las fallas.

2. El empleo de una tecnología avanzada, debidamente probada, permite generalmente una economía razonable en la construcción y operación de las obras.

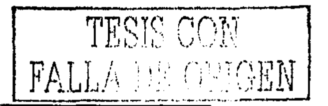
3. Los estudios en el lugar de la obra requieren del esfuerzo continuo, la observación profunda y el registro de todos los datos que intervienen en alguna forma, en el comportamiento previsto del terraplén por proyectarse.

4. Se debe estar al día en relación con los avances de las tecnologías.

En general se puede desarrollar el proyecto con una metodología basada en tres etapas la selección de la ruta, anteproyecto y proyecto ejecutivo.

La selección de la ruta se realiza como se indica en los estudios topográficos que se presentan en el capítulo anterior.

El anteproyecto se apoya en el conjunto de los estudios mencionados en el Capítulo 3, a partir de los cuales se traza la terracería y definen los alineamientos (verticales y horizontales). El anteproyecto requiere una evaluación razonable



basada en normas generales para esos alineamientos, además de un plan que permita empalmar adecuadamente unas con las otras.

El proyecto es el resultado de la depuración del anteproyecto y, en su caso, en estudios complementarios en los que se han considerado todas las opciones previstas y se han establecido normas para la realización de la obra y para resolver imprevistos (Ref.3.1).

La etapa de proyecto se inicia una vez definido el trazo, con análisis de una precisión tal, que permiten definir las características geométricas del camino, las propiedades de los materiales que lo formaran y las condiciones de corriente que lo cruzarán.

Respecto a las propiedades de los materiales que formarán el terraplén, se establece con normas para su detección, explotación, manejo, tratamiento y compactación.

Las obras de drenaje quedarán definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruzan la terracería, considerando las características de los materiales en el cauce. Se indicará en el proyecto el área hidráulica de la alcantarilla, su pendiente y su tipo, así como su longitud, los muros de cabeza y las cargas vivas y muertas sobre la alcantarilla.

Buscando la mayor economía posible y un tiempo razonable con la construcción, junto con el adecuado comportamiento del terraplén, se determina el método de mejoramiento del suelo de cimentación que se empleará.

Con el mismo fin, se realiza el cálculo de los movimientos de tierra por medio del diagrama de curva masa, y se establecen los procedimientos de construcción.

Todos los problemas que surjan durante la construcción de la obra, se resolverán con base en los estudios realizados en el proyecto.

El proyecto geométrico de un camino está basado en ciertas características físicas de los usuarios, en las características dimensiónales y de operación de los vehículos y en las características del tránsito vehicular (como volumen, densidad y distancia para obtener la visibilidad adecuada). Cada uno de estos factores incluye una serie de análisis que permiten definir las características geométricas que deberá tener el camino (Ref.3.2).

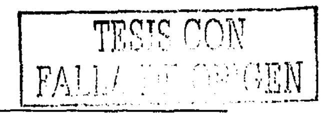
Además de los anteriores existen otros elementos que definen el proyecto geométrico de las terracerías, sujetos a una amplia variedad de controles y criterios. Tales factores comprenden (Ref.3.3):

1. La clasificación funcional del camino.
2. Velocidad.
3. Topografía.
4. Costos y disponibilidad de fondos.
5. Percepción sensible de los usuarios.
6. Seguridad
7. Aspectos sociales y ambientales.

El ancho de la superficie del camino debe ser adecuado para el tipo y capacidad de tránsito previsto y la velocidad de proyecto supuesta.

En esta etapa se deberán definir:

- Los acotamientos, los cuales están estrechamente relacionados con el ancho del carril y con la seguridad del camino, además de asegurar el funcionamiento total del transito. Un acotamiento firme permite al conductor



manejar mas cerca de la orilla. Los acotamientos deberán ser lo suficientemente anchos para permitir salir del camino cuando los vehículos se detengan.

- Barreras de contención. Se deberán colocar barreras en los puntos donde los terraplenes tengan más de 2.5 m de altura o cuando exista un cambio brusco en el alineamiento, o se requiera una disminución de velocidad brusca. Cuando se decida la utilización de las barreras de contención se incrementará el ancho del camino en 60 cm.

- Tipo de guarniciones. Su sección, altura, si es baja o plana, tipo borde o tipo barrera.

- Tendido del talud. Varía dependiendo del tipo de material y si se requieren bermas para estabilizarlo. En suelos blandos se recomienda utilizar taludes de 1.5:1 o más tendidos, por que se pueden presentar altos costos de mantenimiento; además se deberán revestir ya sea con vegetación u otros elementos.

- El derecho de vía. Se debe definir el ancho del derecho de suelo que será destinado para mejorar la visibilidad del camino o protección del mismo. También deben preverse ampliaciones futuras y disponer de espacio suficiente para tender adecuadamente los taludes.

- El alineamiento. Es necesario definir adecuadamente el alineamiento. Será muy redituable apegarse lo más posible al terreno natural, se debe considerar los aspectos de diseño en cuanto a las curvas verticales y horizontales.

- Las curvas circulares, las cuales estarán en función del radio de giro o de curvatura, el grado máximo de curvatura que se permite es 7°, aunque existen excepciones.

- Definir la sobre-elevación de las curvas, con la finalidad de evitar el deslizamiento del vehículo hacia el lado interior de la curva o hacia el lado exterior, por lo que para mantener la velocidad de proyecto es necesaria la sobre-elevación.

- Las curvas de transición y las transiciones de la sobre-elevación, tienen la finalidad de que no se reduzca la velocidad en forma apreciable al cambiar de tangente a curva. Esto se logra incrementando la sección transversal normal en la sección transversal de la curva y la adecuada sobre-elevación, es decir reduciendo la orilla interna del pavimento y aumentando en el exterior de la curva de manera gradual a la entrada y salida de la curva.

- La ampliación de las curvas. Cuando el vehículo gira las ruedas traseras, giran con un radio menor que las delanteras, lo que debe incrementarse con relación a la anchura del carril.

- Las pendientes y su control.

- Determinación del volumen del transito.

- Las distancias de visibilidad. La distancia mínima de parada y la distancia de visibilidad mínima para poder cruzar.

Además, definido lo anterior, el proyecto incluirá los siguientes aspectos (Ref.3.3):

- Bancos de materiales: lugar de ubicación, tipo de material y requerimiento de equipo para extracción, trituración, tratamiento al material extraído, modo de transportación, aspectos ecológicos y demás.

- Abastecimiento de agua: aprobación del lugar de extracción y calidad del agua, su modo de transportación y los cuidados ambientales.

- Diseño del drenaje menor: lugares de cruce, diseños hidráulicos, características del suelo donde cruzan la terracería, tipos de estructuras a utilizar, modo y condiciones de construcción.

- Procedimientos de construcción, secciones de construcción, determinación de las áreas de secciones, de los volúmenes de material, del proceso de extracción y colocación, del tipo y grado de compactación.

- Programa de trabajos de construcción, tiempo de construcción del que se requiere y método más adecuado del mejoramiento del suelo de cimentación.

- Recomendaciones especiales

- Medidas del control de calidad, con incorporación de agua y compactación, determinación de las propiedades de los materiales, medidas de control de construcción y verificación.

En el proyecto debe hacerse énfasis en la observación del comportamiento del terraplén, para lo cual se hará un plan de instrumentación. La observación permite verificar el cumplimiento de las concepciones teóricas. Las técnicas de



observación de campo deben dosificarse sin caer en casos de interpretación difícil, por falta de información geotécnica, ni en una excesiva multiplicación de datos obtenidos.

La instrumentación de terraplenes sobre suelos blandos persigue alguno o algunos de los siguientes objetivos (Ref.3.4):

- Medición de los asentamientos
- Determinar la variación de las presiones de poro bajo el terraplén, para conocer tanto la evolución del fenómeno de consolidación del terreno natural, como del factor de seguridad.
- Medición de desplazamientos horizontales del terreno natural
- Conocer esfuerzos verticales ejercidos por el terraplén sobre el terreno natural y su distribución con la profundidad.
- Definir la evolución general de la resistencia del terreno natural.

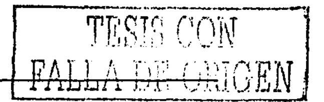
El programa de pruebas de instrumentación debe tomar en cuenta varios factores, como son: a) propósito u objetivo de las pruebas; b) definir si la prueba es básica para la realización, si solo es conveniente o complementaria, o si es relativamente independiente; c) definir la posibilidad de incluir el programa de instalación y pruebas en el programa de construcción de la obra; d) considerar el tiempo necesario y disponible para la adquisición o fabricación de los aparatos, su revisión, acondicionamiento, calibración e instalación, así como para la adquisición y construcción de los dispositivos auxiliares; e) estimar el tiempo para obtener resultados, conclusiones preliminares y definitivas; f) considerar los riesgos tanto de equipo como de personal; g) estimar un análisis económico para determinar si es aceptable respecto al costo de la obra.

Dentro del proyecto se deberán definir los detalles, características y especificaciones desde lo general hasta lo particular.



CONCLUSIÓN CAPITULAR

Se han definido los aspectos que deben considerarse en el proyecto de un terraplén sobre suelo blando, cómo evaluarlo y define el contenido de un proyecto geométrico



Referencias:

3.1 Secretaría de Obras Publicas. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 1981.

3.2 Crespo V. C. Vías de Comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. 2da edición. Editorial Limusa. México D.F. 1989, Cap. II.

3.3 Wright P. H. Ingeniería de Carreteras. 5ta edición en ingles, 1ra en español, 1993. Editorial Limusa.

3.4 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 2002. Editorial Limusa. Volumen 2 Capítulo 13.

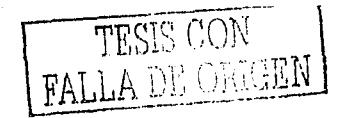
CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS BLANDOS



INTRODUCCIÓN CAPITULAR

En este capítulo se tratan métodos de mejoramiento de suelo blando, se describe paso a paso el procedimiento constructivo y se especifica bajo que condiciones se eficientiza el método y su resultado.



4. MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS BLANDOS.

En este capítulo se tratan algunos métodos para apoyar terraplenes y mejorar el terreno de cimentación por requerimientos de estabilidad y/o asentamiento (Ref.4.1).

Comúnmente los materiales que conforman un suelo blando presentan características de alta compresibilidad y su propia consistencia indica una resistencia al esfuerzo cortante muy baja, que los hace susceptibles de sufrir fuertes hundimientos o de fluir plásticamente. Por lo anterior, después de realizar los estudios tratados en los capítulos anteriores, se plantea la necesidad de utilizar alguno de los siguientes métodos según las condiciones establecidas en el proyecto, su método de construcción, funcionalidad y economía.

4.1 Remoción por excavación

La remoción completa de los suelos blandos es en principio la mejor solución en cuanto a comportamiento que se le pueda dar a los problemas que presenta este tipo de terreno. El método consiste en sustituir el material blando por otro de mejores características (Ref.4.1). Se emplea cuando el espesor de suelo blando es reducido y cuando se requiere inmovilizar los terraplenes de manera rápida. Por economía se recomienda para espesores menores a 5 m. Un movimiento sería que todo el material producto de excavación se coloque a un lado sin utilizar acarreos. La excavación suele quedar llena de agua y con taludes tendidos.

El material de relleno debe ser granular. A mayor anchura de excavación, es mayor el riesgo de que queden suelos blandos atrapados lo que posteriormente se traduce en asentamientos diferenciales bajo el terraplén.



La profundidad de remoción dependerá de las características del proyecto y de su factibilidad constructiva y económica. Se han realizado excavaciones hasta de 10 m de profundidad.

La excavación parcial es recomendable cuando la resistencia del suelo aumenta con la profundidad y la compresibilidad disminuye con la misma. También se usa como complemento de otros métodos constructivos, como de desplazamiento.

4.2 Desplazamiento.

Cuando el esfuerzo que transmite el terraplén al suelo es mayor que la capacidad de éste, tenderá a desplazarse hacia donde tenga menor oposición o menor resistencia. La intensidad de este desplazamiento depende de las dimensiones del terraplén (largo, ancho y alto) así como del espesor del suelo blando y de la magnitud del desequilibrio señalado (Ref.4.1).

El desplazamiento puede verse favorecido por el remoldeo que sufre el suelo. Es necesario retirar las ondas de lodo que se producen al ir desplazando el material; de lo contrario podría detenerse este desplazamiento por llegar a un equilibrio del peso del terraplén o del peso de las ondas de lodo generadas.

En ocasiones el proyecto puede atenerse sólo al desplazamiento por el peso propio del terraplén cuando éste pesa lo suficiente y el material blando bajo él puede considerarse durante el proceso de construcción, y antes del recubrimiento final.

Cuando se construyen terraplenes en suelos muy blandos es aceptable que se le coloquen sobrecargas y que se imponga la resistencia al limite, ya que al provocar fallas repentinas en la estructura del suelo esté pierde la poca resistencia que tenia en su inicio, sin poder recuperarla, debido al remoldeo por la pérdida de su

estructura original. En la Fig. 4.1 se ilustra la situación final a que llega un terraplén construido por desplazamiento con sobrecarga.

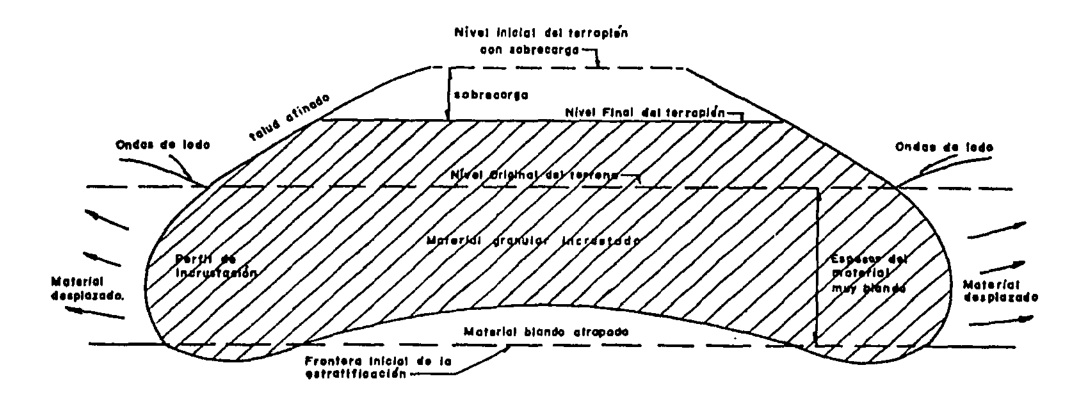
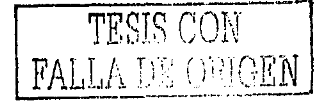


Fig. 4.1 Colocación de un terraplén por desplazamiento de un suelo blando, con uso de sobrecarga (Ref.4.1).

El desplazamiento también puede ocasionarse con explosivos. Este método tiene como principio buscar el incremento instantáneo de la presión neutral (o de poro), reduciendo así la resistencia del suelo. Hay variantes en el método; las más utilizadas son las siguientes:

1. Barrenación del frente de avance.
2. Barrenación bajo el cuerpo del terraplén.
3. Método de New Hampshire.
4. Método alemán.



1) Barrenación en el frente de avance.

El método consiste en alterar y desplazar los depósitos muy blandos con explosiones provocadas en barrenos situados en torno al extremo de avance del terraplén en construcción y a una distancia de 8 a 10 m de éste (Fig. 4.2). Se recomienda hacer explotar una hilera de barrenos cada vez. La carga explosiva debe ser muy pequeña para no dañar la capa de terraplén adjunta; según experiencias no debe exceder de h/4 en kg, (h esta dada en la Fig. 4.2).

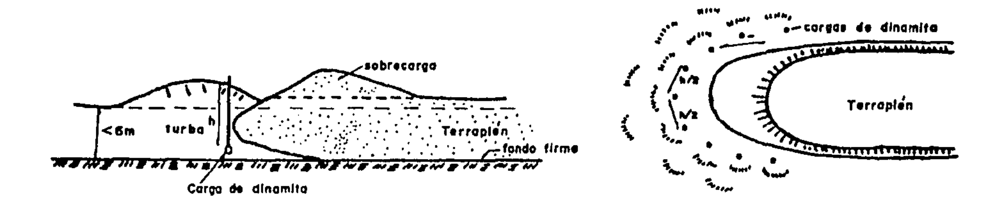


Fig. 4.2 Desplazamiento de turbas por barrenación en el frente de avance (Ref.4.1).

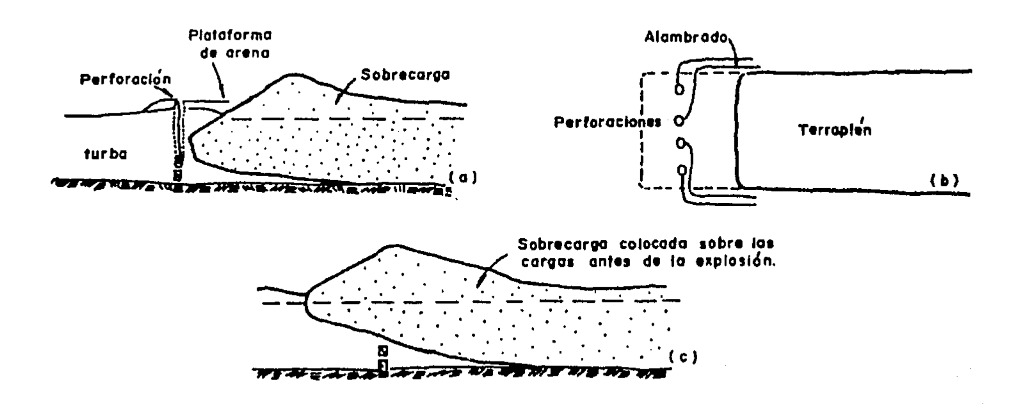
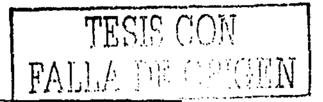


Fig. 4.3 Método alemán para barrenación en el frente de avance (Ref.4.1).



Este método es lento y a veces deja mucho suelo atrapado bajo el terraplén. En la práctica alemana se ha establecido un procedimiento que puede considerarse como variante de su forma tradicional y que considera las siguientes etapas;

a) Se forma una plataforma de trabajo de arena delante de la punta de avance del terraplén (Fig. 4.3). El espesor de esta plataforma debe de estar comprendido entre 30 y 60 cm.

b) Sobre la plataforma se realizan perforaciones (barrenos) de 20 a 30 cm de diámetro, llegando a terreno firme. El espaciamiento de las perforaciones debe oscilar entre 2 y 5 m, dependiendo del espesor del suelo por desplazar.

c) Las cargas de explosivos se colocan en el fondo de las perforaciones, en cantidad comprendida entre 8 y 40 kg.

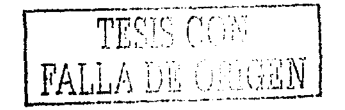
d) Se establecen las conexiones eléctricas necesarias para la explosión, protegiendo convenientemente los alambres.

e) Se prolonga el terraplén sobre los pozos barrenos hasta alcanzar la altura deseada, más la sobrecarga que se desee colocar.

f) Se procede a la explosión.

2) Barrenación bajo el cuerpo del terraplén.

Una vez limpiada la superficie del terreno, se coloca el terraplén y luego se perfora éste con barrenos de 4 a 12 cm de diámetro mediante cualquier procedimiento apropiado. Para espesores importantes de suelo blando por desplazar se recomienda la explosión por etapas, afectando cada vez 4 o 5 m de espesor, en



secciones de terraplén de 30 a 50 m de longitud, y puede llegarse a colocar hasta 25 kg de explosivo por barreno.

3) Método de New Hampshire.

El Departamento de Carreteras de New Hampshire desarrolló un método para desplazamiento de suelos blandos cuyo espesor oscile entre 3 y 15 m. El método lleva al terraplén construido a descansar sobre estratos firmes subyacentes. Una vez limpio el terreno de su cobertura vegetal se coloca el terraplén, construyendo inicialmente sus dos segmentos extremos. Generalmente se utiliza para ello sólo sobrecarga hasta apoyar la sección en estratos firmes. Después se unen los dos extremos, constituyendo la totalidad del terraplén, vaciando material sobre el suelo blando, de manera que éste queda atrapado bajo aquél (Fig. 4.4).

El material blando atrapado bajo el terraplén se desplaza mediante la perforación de barrenos a ambos lados del relleno, con separación del orden de 3m, (ver Fig. 4.4 b): los barrenos son de 4 o 5 cm de diámetro y deben contener una cantidad de explosivo, en kg, del orden de la tercera parte del espesor del material blando en metros.

Si la colocación del terraplén produjo a los lados ondas de lodo importantes, puede colocarse una segunda hilera de barrenos a unos 3 m de la anterior, (Fig. 4.4). Esta segunda hilera debe hacerse explotar una fracción de segundo después que la primera, pues la experiencia ha probado que se tiene la máxima eficiencia cuando las hileras principales explotan encontrando resistencia a ambos lados. La figura 4.4 c) muestra la posición final a que debe llegar el terraplén.

Este método es ventajoso cuando el cuerpo del terraplén se construye con material granular muy grueso o incluso con enrrocamiento, ya que el terraplén se asienta en forma más homogénea que cuando está constituido por materiales más

finos. Los suelos más gruesos se arquean mejor sobre las pequeñas bolsas de material blando que de cualquier forma pudieran quedar atrapadas.

Naturalmente el material que se utilice para la configuración final del terraplén debe ser de características apropiadas y debe colocarse en capas compactadas en la forma usual, como si el terraplén se apoyara en un suelo de características adecuadas.

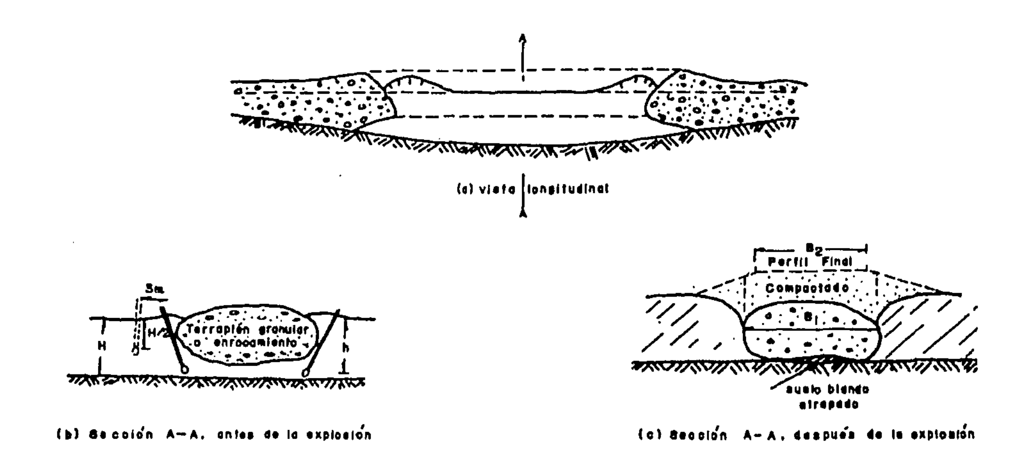


Figura 4.4 Método de New Hampshire (Ref.4.1).

4) Método alemán.

Este método fue desarrollado entre los años de 1934 y 1940 (Ref.4.2). Una vez retirada debidamente la cobertura vegetal, se construye el terraplén sobre el suelo blando en toda su longitud (Fig.4.5). A continuación se coloca bajo el terraplén una gran cantidad de cargas, las cuales se hacen explotar simultáneamente en toda su longitud y ancho del mismo. Esta explosión es muy efectiva para destruir la resistencia del suelo blando, de modo que el terraplén se asienta fácilmente hasta la posición final mostrada en la Fig. 4.5.

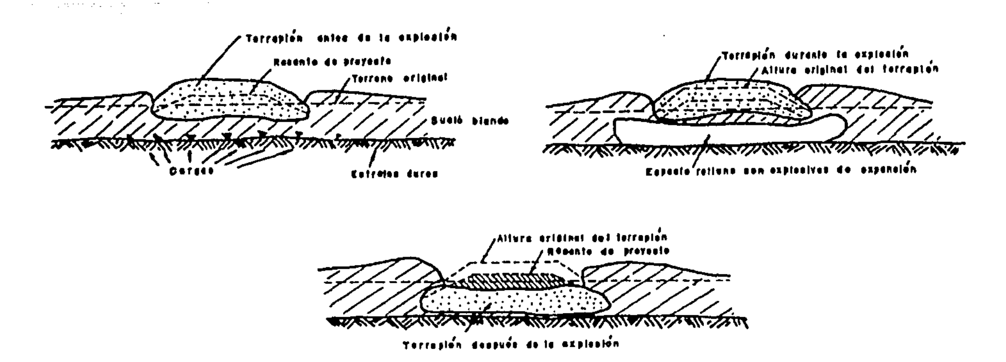


Fig. 4.5 Método alemán (Ref.4.1).

Los explosivos se disponen en 4 o más hileras bajo el terraplén. En cada barreno pueden colocarse hasta 100 kg. De explosivo si existen en grandes espesores de suelo blando o 25 kg cuando hay espesores pequeños.

Independientemente del método utilizado para incrustar el terraplén en el terreno blando, surge la cuestión de cuál debe ser el ancho del relleno que se coloque para evitar deformaciones posteriores del terraplén. Casagrande proporcionó reglas semiempíricas para establecer el ancho de la excavación (Ref.4.1).

4.3 Otros métodos de mejoramiento del terreno de cimentación.

La remoción del terreno de cimentación por excavación o desplazamiento, que implica la substitución de terreno malo por otro de mejor calidad, conduce muchas veces a movimientos de tierra excesivos, procedimientos de construcción imprácticos y costos altos. La adopción de un criterio simplista, por el cual los métodos de substitución se emplean en forma sistemática, impedirá, además, discriminar correctamente aquellos casos en el que el terreno de cimentación es realmente de los que no conviene usar. En muchas ocasiones tratamientos



sencillos del terreno natural permitirán utilizar suelos que con un criterio más rigorista serán desechados a gran costo.

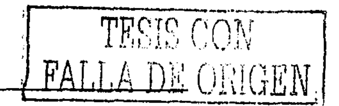
Cuando se piense en tratamientos para mejorar las condiciones del terreno natural es preciso pensar siempre tanto en resistencia como en asentamiento. En ocasiones el mejoramiento de las condiciones de estabilidad puede lograrse simplemente con el empleo de bermas.

En otras ocasiones, un abatimiento de rasante que disminuya la altura de los terraplenes puede resolver problemas de estabilidad o asentamientos excesivos. De la misma manera puede manejarse la pendiente, dando la mínima del tramo en la zona que se espere el asentamiento máximo, para que al presentarse dicho asentamiento el efecto diferencial sea mínimo.

4.3.1 Construcción anticipada o por etapas

Con este método, se construye el terraplén mucho antes de su recubrimiento final, con la finalidad de que durante este tiempo se presente el asentamiento y no se produzcan daños en los pavimentos cuando éstas se coloquen (Ref.4.2). En ocasiones es posible colocar las capas del terraplén en etapas para aumentar, aunque sea ligeramente, la resistencia por la consolidación. La limitación de este procedimiento es el tiempo con el que se cuenta para terminar el terraplén aunque este método es muy bueno en accesos y pasos a desnivel.

El procedimiento constituye un buen recurso en casos en que se presenten problemas serios de asentamiento diferencial y en donde no sea posible manejar sobrecargas económicamente.



4.3.2 Precarga

Consiste en dar altura adicional al terraplén, la cual dependerá del peso adicional que se requiera en función del asentamiento previsto y tiempo en el que se presente, del espesor del estrato compresible, de la altura del terraplén y del tiempo disponible, de acuerdo con el programa de construcción. La sobrecarga aumenta el asentamiento que se produce por unidad de tiempo y puede removerse después de que se produzca el asentamiento correspondiente a la altura final del terraplén (Ref.4.3).

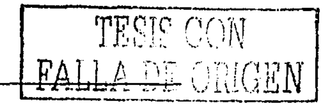
Cuando es muy grande el espesor de suelo compresible o muy alto el terraplén por construir, puede suceder que una sobrecarga cuyo efecto sea significativo requiera cantidades significativas de material que resulte antieconómica. El material empleado en la sobrecarga requiere de doble pago por manejo a no ser que pueda aprovecharse en otras necesidades de la terracería.

4.3.3 Uso de materiales ligeros

La finalidad de usar materiales ligeros (de reducido peso volumétrico), es disminuir las cargas que se le transmiten al suelo, ya que si se colocarán pesados seguramente el ancho de los terraplenes aumentaría, al igual que sus bermas, repercutiendo en un asentamiento mayor.

4.3.4 Uso de bermas estabilizadoras

Mediante la colocación de bermas o cargas a los costados de los terraplenes, se pueden eliminar los asentamientos diferenciales, pero no hay que dejar de considerar que a mayor ancho de terraplén es mayor el asentamiento total.



4.3.5 Drenaje interceptor

En ocasiones puede mejorarse mucho la situación de un terreno de cimentación utilizando drenaje interceptor ladera arriba de los terraplenes. En este sentido las trincheras y zanjas de subdrenaje, inclusive, los pozos de drenaje por bombeo, constituyen los recursos más empleados.

4.3.6 Compactación con equipo pesado

Cuando el espesor del suelo blando es muy reducido y tiene interestratificaciones de arena, puede recurrirse a la compactación con equipos muy pesados. Si el material es solo suelo arcilloso blando el método no es efectivo.

4.3.7 Sobre-elevación de la rasante

Este procedimiento es aplicable si el suelo de apoyo tiene capacidad suficiente para soportar un terraplén con una rasante elevada, a fin de que este cuando se presente su asentamiento quede en un nivel de servicio adecuado.

4.3.8 Drenes verticales (de arena, de plástico o papel)

Los drenes permiten acelerar el proceso de consolidación y dan la oportunidad de que durante la construcción se presenten la mejor parte de los asentamientos. Los drenes pueden ser de arena, plástico o papel. En los drenes de arena se realizan perforaciones verticales, en todo el espesor de los materiales compresibles y los cuales se rellenan con la arena. El método permite la salida más rápida del agua y por consecuencia aumenta su rapidez de consolidación debido a la disminución de la trayectoria que recorre el agua para salir. Tiene la desventaja de que pueden remoldear el suelo y perder resistencia (Ref.4.4).

Los drenes de plástico o de papel son de tecnología más reciente, no requieren perforaciones previas, se insertan en el suelo con equipos especiales y tienen la misma función. Los drenes de plástico o geotextiles, son extremadamente resistentes y proveen al suelo de una alta permeabilidad, pues tienen una gran capacidad para descargar el agua, se instalan verticalmente hasta una profundidad de 50 m, y el agua en el subsuelo tiene presión por lo que ayuda a que el agua ascienda por los canales del filtro (dren) hasta la superficie, mientras más corta sea la distancia de recorrido la consolidación del suelo es más rápida.

Al comparar los drenes de arena con los de plástico, los segundos tienen ventaja sobre los primeros (Ref:4.5):

- Sirven para cualquier tipo de suelo.
- Los drenes de arena funcionan variablemente, mientras que los de plástico tienen propiedades de operación bien definidas.
- Durante la instalación, se descompone poco la estructura del suelo, sin interrumpir la permeabilidad del suelo.
- Durante la instalación se requiere solo de una persona y el equipo es muy simple.
- Se pueden instalar de 2000 a 4000 m por dia, lo que significa una gran rapidez en el método.
- No se requiere de agua para su instalación.
- Los costos de transportación del material son mucho más bajos.

Los filtros no permiten el flujo de partículas finas, pueden instalarse, con la terracería ya colocada para acelerar el proceso con la ayuda de la sobrecarga.

El área de influencia de los drenes es de forma circular, por lo cual se sugiere se coloquen "a tresbolillo" (en forma triangular), determinando previamente la



separación. Para hincarlos en el lugar se hace penetrar un vástago en el suelo junto con el filtro retirando después el vástago.

4.3.9 Compensación

Si se logra por algún procedimiento de construcción adecuado que al penetrar el material en el terraplén desplace lateralmente al suelo de cimentación blando, se producirá una compensación del peso del terraplén, que actuará únicamente con la presión correspondiente a la diferencia entre el peso del material colocado y el desplazado. El método es más factible cuanto más fácil sea de desplazar lateralmente el terreno natural. Si se requiere una compensación total entonces será necesario excavar un cajón y desplantar una plantilla de concreto pobre sobre la que se colocan materiales ligeros.

4.3.10 Uso de geotextiles

Los geotextiles pueden emplearse como filtros en sustitución de agregados graduados como estabilizadores de suelos blandos y como elementos para reducir la erosión de suelos (Ref.4.6).

Existe una gran variedad de geotextiles en el mercado, para su uso se recomienda que la capa inferior a la colocación del geotextil debe estar totalmente terminada. En suelos muy blandos puede cortarse la vegetación al ras y rellenar las depresiones. Además, deberá estirarse el geotextil para que no haya arrugas, dándole un traslape adecuado, para posteriormente colocar la terracería sobre él.

Muchos de los geotextiles tienen el problema del intemperismo químico y biológico, son atacados por el diesel, por los ácidos concentrados y por las aguas alcalinas, atacados también por la luz del sol, sobre todo por los ultravioleta, por lo que se deberá proteger en lo posible de estos agentes.

Los geotextiles tienen muchas aplicaciones dentro del suelo blando como dren, membrana impermeable, filtro, soporte o apoyo, separador de materiales, superficie de rodamiento, malla de contención, anclaje, fijadora, refuerzo.

4.3.11 Tratamientos fisico-químicos

Con el uso de sustancias es posible cambiar las propiedades iónicas de los minerales que constituyen el suelo y es posible aumentar su resistencia y disminuir su compresibilidad. Para cada suelo será necesario realizar estudios con el objetivo de determinar cuales son las sustancias que le favorecerán en su comportamiento.

CONCLUSIÓN CAPITULAR

Las deformaciones del suelo bajo el terraplén no pueden eliminarse, a menos que se sustituyan o traten los suelos blandos. Para determinar el tipo de mejoramiento existen diversas opciones que pueden aplicarse de acuerdo a las características particulares como son. el tiempo disponible, las propiedades de los materiales, equipo disponible, el programa de obra, las características geométricas, y recursos económicos.

Referencias:

4.1 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 1.

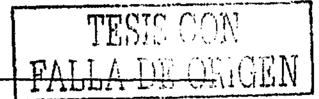
4.2 Campos C. R. Tesis. Construcción de terracerías sobre suelos blandos, 1992. Instituto Tecnológico de la Construcción, Cap. II.

4.3 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS). Mejoramiento de suelos masivos. Reunión técnica #16 1979.

4.4 Martínez M. J. Notas sobre la clase de cimentaciones "Mejoramiento de suelos masivos".

4.5 Martínez M. J. Notas sobre la clase de cimentaciones "Drenes de plástico"

4.6 http://www.personal.telefonica.terra.es/web/soluciones/maccaferri/geotextiles00.htm



CAPÍTULO 5
CONSTRUCCIÓN

INTRODUCCIÓN CAPITULAR

Este capítulo trata procedimientos constructivos en base a normas de la Secretaria de Comunicaciones y transportes. Estos procedimientos inician desde el desmonte hasta la construcción del terraplén, con sus obras protección y drenaje. Además, trata sobre el comportamiento del terraplén y su conservación. Para cada parte, emplea criterios de aceptación o rechazo, lo que permite establecer un control de calidad adecuado.

Lo anterior tiene por objetivo crear estándares en los procesos de construcción que permitan evaluar calidad y disminución problemas operativos y de mantenimiento.

5. CONSTRUCCIÓN

En la construcción de terraplenes se cuenta con procedimientos específicos y normados por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), que aunque no es riguroso, muestra las condiciones que se deben cumplir con referente a calidad tanto de construcción como de ecología, y que se trata en el presente capítulo.

5.1 Desmonte

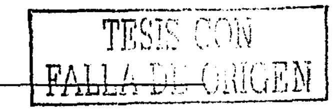
El desmonte es la remoción de la vegetación existente en el derecho de vía y en las zonas de bancos, con el objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad. El desmonte se complementa con el transplante de especies vegetales, según la Norma N-CTR-CAR-1-09-003 de la SCT. El desmonte comprende (Ref.5.1):

- ***Tala,*** que consiste en cortar los árboles y arbustos

- ***Roza,*** es el corte o retiro de la maleza, hierba, zacate o residuos de siembras.

- ***Desenraice,*** que consiste en sacar los troncos y tocones con o sin raíces.

- ***Limpia y disposición final,*** es el retiro del producto de desmonte al banco de desperdicio que indique el proyecto.



5.1.1 Equipo

El equipo utilizado para el desmonte debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidades suficientes para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria.

En el desmonte generalmente se emplea el siguiente equipo:

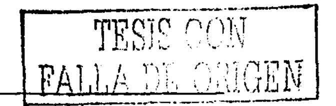
- Tractores buldozer y angledoser
- Cargadores frontales.
- Camiones de carga con pistón(es) hidráulico(s), con caja cerrada.

El equipo debe mantenerse en óptimas condiciones de operación en el tiempo que dure la obra.

5.1.2 Transporte y almacenamiento.

El producto del desmonte se cargará y transportará al sitio o banco de desperdicios, en vehículos adecuados o con cajas cerradas y protegidas con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando se trate de materiales que no van a ser reutilizados, éstos deberán transportarse al banco de desperdicios lo más pronto posible.

Antes de iniciar los trabajos, se realizará una visita de inspección para programarlos y determinar el tipo de equipo requerido de acuerdo con las características de la vegetación.



En el caso de terracerías, el desmonte se hará en el derecho de vía según lo establecido en el proyecto. En zonas de bancos, el desmonte se hará por lo menos hasta un metro fuera del límite de ella.

Los trabajos asegurarán que toda la materia vegetal quede fuera de las zonas destinadas a la construcción, evitando dañar los árboles fuera del área indicada en el proyecto.

A menos que el proyecto indique otra cosa, el desenraice se ejecutará, por lo menos, dentro de la superficie de construcción. Las ramas de los arboles situados fuera de las áreas desmontadas, y que queden sobre la corona de las terracerías, serán cortadas.

El proyecto indicará los árboles o arbustos que deban respetarse; en este caso, únicamente se cortaran las ramas que queden a 8 m sobre la corona de la carretera, procurando conservar la simetría y buena apariencia del árbol.

5.1.4 Criterios de aceptación o rechazo.

Además de lo establecido anteriormente, para que el desmonte se considere terminado, se comprobará:

- Que se haya retirado de la zona de desmonte, toda la vegetación que existía o haya vuelto a crecer, así como las ramas que queden a menos de 8 m dentro de la corona.

- Que no se hayan dañado los arboles y arbustos que indicados.

- Que la disposición de los residuos del desmonte se haya realizado en la forma y sitio indicados.

5.2 Despalme

El despalme es la remoción del material superficial del terreno, de acuerdo con el proyecto, para evitar la mezcla del material de las terracerías o material de los métodos utilizados en la mejora las condiciones del suelo de la cimentación del terraplén con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable (Ref.5.1).

5.2.1 Equipo

El equipo que se utilice para el despalme, debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en optimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

5.2.2 Transporte y almacenamiento.

Los residuos producto del despalme se cargarán y transportarán al sitio o bancos de desperdicios, en vehículos con cajas cerradas y protegidos por lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando se trate de materiales que no vayan a ser utilizados posteriormente y que hayan sido depositados en un almacén temporal, deberán ser trasladados lo mas pronto posible al banco de desperdicios.

5.2.3 Ejecución.

Previo al inicio de los trabajos, se realizará una visita de inspección para programar los trabajos y determinar el tipo de equipo que se requiera de acuerdo con las características del material de despalme.

Una vez verificado el desmote, se delimitará la zona de despalme de acuerdo con el proyecto. El espesor del despalme será el que indique el proyecto, o a la vista de los materiales existentes en el lugar, de acuerdo con la estratigrafía del terreno.

A menos que el proyecto indique otra cosa, el material natural producto del despalme se empleará para el recubrimiento de los taludes de terraplenes, así como de los pisos, fondo de las excavaciones y taludes de los bancos al término de su explotación, o se distribuirá uniformemente en áreas donde no impida el drenaje o que no invada cuerpos de agua, para favorecer el desarrollo de la vegetación, según lo indique el proyecto. Al material colocado en esos sitios, se le adicionarán semillas de pasto o de vegetación propia de la zona, adecuada al paisaje, que no impidan la visibilidad.

El retiro de rellenos artificiales se ejecutará cumpliendo con las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

5.2.4 Criterios de aceptación o rechazo.

Además de lo establecido anteriormente, para que el despalme se considere terminado y sea aceptable, se comprobará:

- Que todo el material inadecuado haya sido removido según las especificaciones de proyecto.



- Que la disposición final del material producto del despalme se haya realizado en la forma y sitio indicados.

5.3 Terraplenes

Los terraplenes son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos como son por lo general en este tipo de zonas, con el fin de obtener el nivel de la terracería que indique el proyecto, ampliar la corona, formar bermas y bordos, y tender taludes, o sustituir al material existente por un material granular por medio de algún método de mejoramiento o remoción que requiera el suelo (Ref.5.1).

5.3.1 Materiales.

Los materiales que se utilicen en la construcción de terraplenes serán compactables, procederán de bancos aprobados y cumplirán con lo especificado en el Capítulo 8 referente a control de calidad de los materiales.

No deberán suministrarse y utilizarse materiales que no cumplan con lo establecido, ni aún en el supuesto de que éstos se mejoraran posteriormente en el lugar de su utilización.

Si en la ejecución del trabajo, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas, se suspenderá el trabajo, hasta corregir el problema.

5.3.2 Equipo.

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes, deberá ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución

detallado por concepto y ubicación, conforme a lo establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria. Los equipos que se utilizan en esta actividad generalmente son:

- *Motoconformadoras.* Se utilizan para el extendido y conformación de terraplenes. Serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de 3.65 m y con una distancia entre ejes de 5.18 m.

- *Tractores.* Montados sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

- *Motoescrepas.* Autocargables en el menor tiempo, con capacidad de 8.4 m^3 como mínimo, con descarga plena.

- *Cargadores frontales.* Autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

- *Compactadores.* Autopropulsados y reversibles. Los compactadores vibratorios estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración.

5.3.3 Transporte y almacenamiento.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales se realizará de forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en la Norma N-CMT-1-01, de la SCT.

5.3.4 Ejecución de los trabajos

A) Trabajos previos.

Los trabajos previos consisten en lo siguiente:

- Delimitación del terraplén. Se delimitará la zona de desplante del terraplén mediante estacas u otras referencias, de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

- Desmonte y despalme. Previo al inicio de los trabajos, la zona de desplante del terraplén estará debidamente desmontada y despalmada.

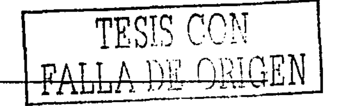
- Aplicación del método de mejoramiento del terreno o remoción del mismo. Antes de colocar el terraplén se deberá proceder a lo indicado en el proyecto respecto al mejoramiento o remoción del suelo, con el objetivo de cumplir los requerimientos de resistencia y estabilidad. Los métodos y procedimientos están descritos en el Capítulo 4.

- Escalones de liga. A menos que el proyecto indique otra cosa, en la ampliación de la corona o tendido de taludes en los que no se vaya a modificar el ancho de la corona de terraplenes existentes o en trabajos para la excavación de la subrasante, se colocarán escalones de liga conforme a proyecto.

- Preparación de la superficie. Si el método seleccionado de mejoramiento o remoción del terreno de cimentación del terraplén dejó huecos, estos serán rellenados y se compactarán con un espesor mínimo de 20 cm.

B) Tendido y conformación

i) Aspectos generales



El material proveniente de bancos, se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de 20 m y en tramos no mayores a los que en un turno de trabajo pueda tenderse, conformarse y compactarse.

El material compactable se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto y obtener homogeneidad en granulometría y humedad, extendiéndolo en partes e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente. Siempre que el terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.

La topografía del terreno generalmente tiene lugares inaccesibles que no es posible ni siquiera el acceso del equipo, dichos lugares se tratarán como lo indique el proyecto con alguno de los métodos de mejoramiento del suelo blando citados en el Capítulo 4, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante. El nivel de la plantilla será el que indique el proyecto.

Cuando se deba asegurar la compactación de los hombros de los terraplenes, éstos se construirán con una sección más ancha que la teórica de proyecto, respetando la inclinación de los taludes señalada en el proyecto, con su correspondiente ampliación en el método de mejoramiento o sustitución (ver sección transversal de un terraplén Fig.5.1).

Generalmente el proyecto indica una capa en la parte superior de las terracerías con características especiales en cuanto a los agregados, llamada "capa subyacente", seguida hacia arriba por la "capa subrasante".

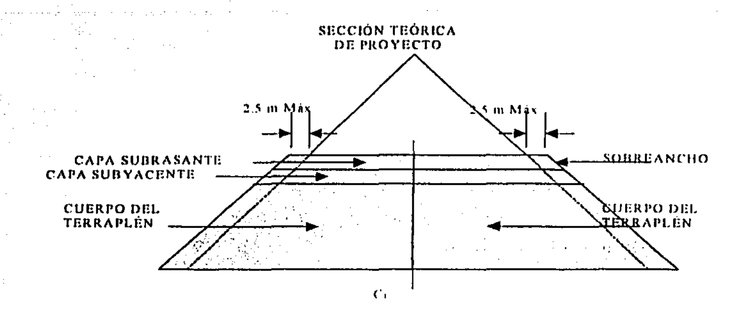
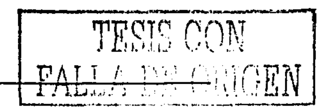


Figura 5.1 Sección de un terraplén en corte.

ii) Tendido y conformación de material compactable

Para el cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la subrasante, el material compactable se extenderá en todo el ancho de aquel, en capas sucesivas, con un espesor no mayor al que sea capaz de compactar el equipo; se conformará de manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.

Para la ampliación de las coronas o el tendido de los taludes de terraplenes existentes y previamente excavados, se construirán los escalones de liga en los taludes, de acuerdo en lo indicado en la Norma N-CTR-CAR-1-01-004 de la SCT.



El material compactable se extenderá en todo el ancho de la ampliación y se conformará como se indica en el párrafo anterior.

El método para el mejoramiento o de remoción del suelo blando de cimentación será indicado en el proyecto.

iii) Tendido y conformación con material no compactable

En caso de materiales no compactables que se usen en el cuerpo del terraplén, éstos se humedecerán y extenderán en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con el espesor mínimo que permita su tamaño máximo de las partículas.

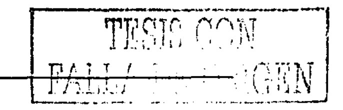
Para la ampliación de la corona o tendido de taludes de terraplenes existentes y previamente excavados, el material no compactable se humedecerá y colocará a volteo en todo el ancho de la ampliación.

El material no compactable podrá colocarse hasta el nivel de desplante de la capa subyacente, a menos que el proyecto indique lo contrario.

C) Compactación y acomodo.

Cada capa de material compactable, se compactará hasta alcanzar el grado indicado en el proyecto. La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, como un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

En caso de material no compactable, cada capa tendida y conformada, se acomodará mediante bandeo, pasando un tractor montado sobre orugas, que tenga una masa mínima de 36 t, de forma que pase cuando menos tres veces por



cada sitio. El número de pasadas podrá ser ajustado en la obra dependiendo del equipo que se utilice. El bandeo se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del tractor en cada franja bandeada.

5.3.5 Criterios de aceptación o rechazo.

Además de lo establecido anteriormente, para que los terraplenes se consideren terminados y sean aceptados, con base en el control de calidad como lo establece el Capítulo 7, el cual se podrá verificar cuando se juzgue necesario y se comprobará lo siguiente:

- *Calidad de los materiales.* Los materiales para el cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la capa subrasante, deben cumplir con las características del Capítulo 7 en lo referente a materiales.

- *Líneas y niveles.* Los alineamientos, perfiles y secciones del cuerpo del terraplén, la capa subyacente cumplirá con lo establecido en el proyecto, con las tolerancias que se indican en la Tabla 5.1, para lo que se hará el seccionamiento topográfico en las estaciones cerradas a cada 20 m y en estaciones singulares como las de inicio y término de curvas entre otras.

Tabla 5.1 Características que deben cumplir los materiales para el cuerpo del terraplén.

Características	Tolerancia
Línea de proyecto de los taludes	
• Con material compactable	+30
• Con material no compactable	+75
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al de proyecto:	
• En cuerpo de terraplén	± 5
• En capa subyacente	± 5
• En capa subrasante	± 3

Compactación. Las compactaciones del cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la capa subrasante, deben determinarse para cada capa tendida y compactada, en calas ubicadas al azar, mediante un procedimiento basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-141-02 de la SCT, Criterios Estadísticos de Muestreo, (ver Capítulo 7, criterios estadísticos de muestreo). El número de calas por realizar se determinará aplicando la fórmula:

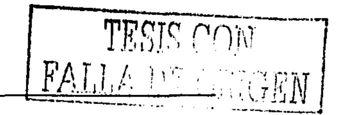
$$C = L / 50$$

donde:

C, número de calas por realizar en cada capa tendida y compactada, con aproximación a la unidad superior.

L, longitud de la capa tendida y compactada en un día de trabajo, (m).

Todas las compactaciones que se determinen en las calas, para ser aceptadas, deberán estar dentro de las tolerancias que fije el proyecto. Tan pronto se



concluya con la verificación, se rellenarán los huecos con el mismo material usado en la capa compactada.

Acomodo. Las capas de material no compactable, tendidas y acomodadas, deben haberse bandeado.

5.4 Bermas

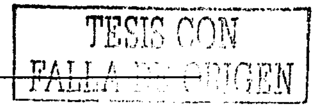
La construcción de bermas son los trabajos necesarios para mejorar la estabilidad de terraplenes (Ref.5.1).

5.4.1 Materiales

Los materiales para la construcción de bermas deben cumplir con lo establecido en el proyecto, por lo general son materiales utilizados en terraplenes. Deberán proceder de bancos aprobados para su explotación. No se aceptarán materiales que no cumplan con lo indicado debiendo corregirse de inmediato los trabajos realizados que no cumplieren con lo especificado.

5.4.2 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de bermas será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado, conforme al programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su elección.



5.4.3 Ejecución.

Las bermas se formarán extendiendo y compactando un material preferentemente arcilloso, desde el pie del talud por estabilizar, hasta lograr la compactación y sección establecida en el proyecto.

Cuando se prevea que la berma forme parte de una ampliación de corona y si así lo indica el proyecto, previamente a la construcción de la berma, se excavaran escalones de liga, en este caso se utilizara el material que indique el proyecto. El material de la berma se colocara por capas, compactándolo hasta alcanzar el grado establecido en el proyecto.

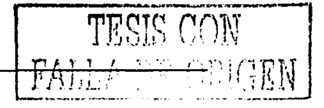
5.4.4 Criterios de aceptación o rechazo.

Además de lo establecido anteriormente, para que la construcción de bermas se considere terminada y sea aceptada, se comprobará que la calidad de los materiales utilizados cumplan con las características establecidas con base en el control de calidad que ejecute el Contratista de Obra, mismo que deberá estar a disposición de las autoridades correspondientes.

5.5 Recubrimiento de taludes.

El recubrimiento de taludes tiene por objetivo proteger de la erosión al material que forman éstos. Los recubrimientos más comunes son (Ref.5.5):

- Siembra de especies vegetales.
- Mallas vegetales.
- Mallas geosintéticas.
- Mallas metálicas.
- Riego asfáltico.
- Zampeados.



5.5.1 Materiales

Los materiales que se utilicen para el recubrimiento de taludes deben cumplir con las especificaciones correspondientes a cada tipo de recubrimiento. Las especificaciones que cumplirán las mallas metálicas corresponden a la norma N-CMT-6-02 de la SCT, así como en las normas aplicadas de los títulos 01 geosinteticos y 03 mallas vegetales, de la parte 6 de materiales diversos, del libro CMT, de la SCT (Ref.5.1).

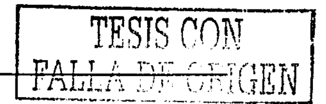
No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo anterior, ni aún bajo el supuesto de que los materiales serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización. Si en la ejecución del trabajo los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que se corrijan los trabajos.

5.5.2 Equipo

El equipo que se utilice en el recubrimiento de taludes, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallando por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria. El equipo será mantenido en óptimas condiciones.

a) Sembradora.

Consiste en un sistema de aire comprimido, capaz de suministrar un flujo constante y suficiente de aire a la presión requerida y sin fluctuaciones que pudieran afectar la homogeneidad de la siembra; Estará provisto de los dispositivos necesarios para evitar la contaminación del aire con aceite.



b) Equipo para la aplicación del riego asfáltico.

Será capaz de mantener a temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas. Estará provisto de medidores de presión, termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque, con bomba y barra de aplicación.

c) Plataformas

Contarán con canastillas telescópicas, de acondicionamiento hidráulico o neumático, cuya versatilidad de movimientos permitan acercar y retirar el equipo, materiales y personal a la superficie de trabajo.

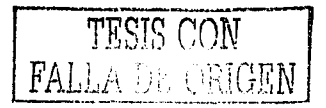
5.5.3 Transporte y almacenamiento.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad del Contratista de Obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, el transporte y almacenamiento se sujetarán en lo que corresponda a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

5.5.4 Ejecución

a) Preparación de la superficie

Al momento de la ejecución de los trabajos de recubrimiento de taludes, la superficie por cubrir estará libre de materias extrañas que afecten el recubrimiento de que se trate.



b) Siembra de especies vegetales

Las especies vegetales serán las fijadas en el proyecto, asegurando, en cualquier caso, que sean las apropiadas para el clima y condiciones del lugar en el que se plantarán. La siembra de especies vegetales se hará considerando lo señalado en la Norma N-CTR-CAR-1-9-002, Plantación y Siembra de Especies Vegetales, de la SCT.

c) Colocación de mallas.

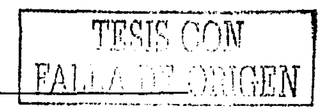
Previo a su colocación, las mallas deben cortarse en lienzos o tramos, con las dimensiones adecuadas para el sitio donde se va a colocar. Si se trata de mallas metálicas que vayan a ser utilizadas con concreto lanzado, debe eliminarse todo residuo de óxido, aceite, materias adheridas a su superficie y de otras sustancias que disminuyan la adherencia del concreto. Al momento de fijación de las mallas, la superficie estará libre de cualquier material inestable.

d) Riego asfáltico

La dosificación de los materiales asfálticos que se empleen en la aplicación de riegos de estabilización de taludes, se realizará según lo establecido en el proyecto.

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudaran mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se aplicarán riegos:

- Cuando exista semejanza de lluvia o esté lloviendo.



- Cuando la velocidad del viento impida que la aplicación del material asfáltico sea uniforme.
- Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual serán aplicados esté por debajo de los 15 grados

El material asfáltico, del tipo y con la dosificación establecidos en el proyecto será aplicado uniformemente en la superficie por cubrir. La cantidad, temperatura y superficie que se cubra en cada operación, son responsabilidad del Contratista de Obra; sin embargo, el riego no deberá tener deficiencia alguna.

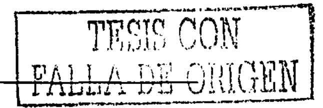
5.6 Instrumentación

La instrumentación de terraplenes y taludes en general tiene como objetivos (Ref.5.5):

- Verificar el comportamiento de las estructuras durante la construcción para comprobar las hipótesis de diseño y la evolución prevista del factor de seguridad.
- Conocer el comportamiento de la estructura en un periodo determinado.
- Establecer las condiciones de falla pre-existentes. La determinación de la zona de falla.

Por lo general se busca información de alguno de los siguientes aspectos:

- Movimientos horizontales y verticales
- Esfuerzos actuantes en la dirección vertical u horizontal.
- Presiones de poro y su evolución
- Efectos de sismos, incluyendo tanto la acción del terremoto como la respuesta de la estructura térrea.



- Características del flujo interno del agua.
- Medición de las propiedades mecánicas in situ, tanto del terraplén como de su terreno de cimentación.

El programa de instrumentación debe efectuarse tomando en cuenta, los siguientes puntos (Ref.5.2):

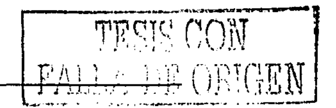
- Generar modelos de comportamiento de la estructura térrea.
- Prever la forma definitiva del reporte, incluyendo gráficas y tratamientos auxiliares.
- Obtener datos con mayor frecuencia si la obra se comporta distinta al modelo supuesto.
- Estudiar la forma de obtener la información especifica y relevante.
- Dar mantenimiento y calibración adecuada a los aparatos.
- Aumentar la frecuencia de la toma de datos si existe una variación en las cargas.

5.6.1 Medición de los asentamientos

Los instrumentos usuales para medir asentamientos son:

a) Nivelaciones superficiales.

El método más sencillo para conocer los asentamientos de un terraplén consiste en colocar una serie de puntos estables, distribuidos en su superficie, y nivelarlos periódicamente. Se podrá colocar un dado o muerto de concreto, en cuyo centro se ahogará un tubo, varilla u otro indicador que sobresalga ligeramente del terreno.



Un aspecto delicado de las operaciones de nivelación es la elección del punto de referencia, el cual no deberá participar en nada con los movimientos del terraplén. Para ese efecto se seleccionan bancos de nivel como cerros, estructuras inmóviles, o bancos de nivel profundo instalados con ese fin. Es necesario también contar con referencias sobre la superficie del terreno natural, en las cercanías del terraplén (unos 100 m de distancia), la cual tendrá como finalidad servir de base de nivelación para los puntos situados sobre el terraplén y detectar los eventuales movimientos superficiales que tenga el terreno de cimentación por causas diferenciales a la presencia del terraplén. Una constante referenciación del banco de nivel móvil respecto al fijo proporcionará los elementos necesarias para realizar la corrección que haya de hacerse en los movimientos verticales de los puntos sobre el terraplén, descrito a cualquier movimiento zonal que pudiera tener el terreno de cimentación.

b) Torpedo medidor de asentamientos.

En este sistema de medición se utiliza una perforación ademada con un tubo especial formado por tubos unidos con tramos exteriores, que permiten juego telescópico de los tramos, los que pueden juntarse uno a otro a medida que los arrastra el enjutamiento del terreno que los rodea.

El instrumento medidor, llamado torpedo, es introducido en la tubería. Está provisto de unas pequeñas patas extensibles que indican las profundidades donde existen coples. Este dispositivo permite conocer la variación los asentamientos con la profundidad.

c) Medidores de celda

Son medidores de asentamientos que consisten en cajas de plástico que se colocan bajo el terraplén, en el lugar donde se deseen medir los asentamientos. La celda se llena parcialmente de agua. A cierta distancia fuera del área de influencia de asentamientos del terraplén, se constituye una base fija, sobre la cual se coloca un tablero de medición, que tiene un dispositivo para aplicar presión con aire comprimido y un manómetro de mercurio que controla la presión del agua en la celda, cuya fluctuación permite conocer indirectamente los asentamientos.

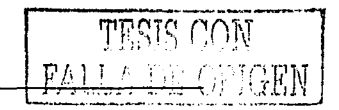
Este tipo de medidor tiene el inconveniente del tiempo que hay que esperar para que se estabilice el agua, sobre todo cuando el tablero de medición está lejos de la celda y en los aislamientos del dispositivo, en especial cuando hay agua freática salina así como en la dificultad para encontrar a distancia razonable un lugar donde instalar la base fija.

d) Elección de puntos de medición y número.

Los asentamientos en terraplenes sobre suelos blandos se miden generalmente sobre un terraplén, para conocer su comportamiento o en un terraplén o tramo de prueba, con la finalidad de obtener los datos para el proyecto.

En cualquier caso conviene disponer los puntos en que se estudien los asentamientos de secciones instrumentadas. El número de estas suele ser mayor en los terraplenes de prueba que en los problemas de control de comportamiento, pero en todo caso depende de la importancia de la obra, la heterogeneidad de las formaciones que se consolidan y de la dificultad del problema.

En zonas heterogéneas, donde se esperan asentamientos diferenciales de importancia, se miden asentamientos totales en secciones no separadas a más de



50 m. Los puntos de medición deben cubrir toda la sección transversal del terraplén. Es frecuente que cada sección tenga cinco puntos: en el eje, los dos hombros, y los dos pies del terraplén.

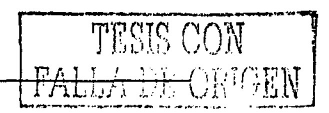
La frecuencia de las mediciones debe ser suficiente para medir la evolución de los asentamientos con el tiempo. Obviamente no deberá ser uniforme, sino mucho mayor al principio y cada vez mas espaciada, según transcurre el tiempo. Suelen hacerse una o dos medidas diarias durante el periodo de construcción, para conocer las deformaciones instantáneas y el comienzo del proceso de consolidación. Después podrán hacerse mediciones semanales y posteriormente mensuales, hasta los primeros tres años de la estructura y posteriormente bianual. Estos periodos de medición se deberán ajustar a cada obra en particular.

5.6.2 Medición de movimientos laterales

Dado que una parte de los asentamientos se debe a los desplazamientos laterales de los estratos compresibles, y a que las fallas de terraplenes sobre suelos blandos van precedidas de desplazamientos laterales del terreno de cimentación, abajo y en la vecindad de ellos, es importante conocer la magnitud de estos movimientos.

a) Control superficial

Se colocan puntos de referencia en la superficie y se revisa periódicamente su alineación. Puede seguirse el procedimiento utilizado para el control superficial de asentamiento. Uno de los puntos más delicados estriba en seleccionar los puntos o líneas de referencia, en zonas no afectadas por los movimientos. El problema de control de los movimientos horizontales en la superficie del terreno se simplifica cuando se desea únicamente conocer movimientos diferenciales o relativos entre diversos puntos.



b) Inclinómetros

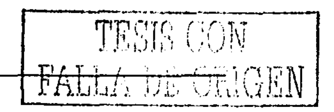
El aparato consiste de una unidad sensible, una caja con controles eléctricos, cable conector y una tubería que se coloca en el terreno, ranurada en dos planos ortogonales entre si. El medidor penetra por la tubería corriendo sus ruedecillas por dos ranuras opuestas y puede detectar las desviaciones de la vertical que haya sufrido la tubería, respecto a su posición original.

El tubo en el terreno es relativamente flexible; su instalación es delicada y de fundamental importancia, por lo que es necesario tener una estricta supervisión y control. La verticalidad inicial se modifica cuando ocurren desplazamientos horizontales, la imagen se puede conocer introduciendo un instrumento sensible a la inclinación por el interior del tubo. El inclinómetro se hace descender por su tubería, a medida que va bajando, se obtienen lecturas en intervalos prefijados. Mediante una calibración previa podrá proporcionar directamente la inclinación que corresponde a cada lectura eléctrica.

Debe considerarse que la tubería quede instalada dentro de las zonas de máximo movimiento; que es esencial un buen conocimiento del terreno natural y su estratigrafía; y que la tubería se coloque inmediatamente después de realizada la perforación.

c) Detectores de falla de cinta

Se utilizan para medir desplazamientos laterales alojados en tuberías de diámetro reducido. El dispositivo consiste en una cinta de material plástico que tiene en toda su longitud bandas conductoras intercomunicadas, de trecho en trecho, y se comunican por resistencias eléctricas conocidas. Por la parte superior e inferior, la cinta se comunica por cables a una caja exterior, en la que pueden hacerse lecturas de la resistencia eléctrica total del circuito. Cuando se presenta una



deformación lateral excesiva la cinta se rompe y muestra una drástica variación en la lectura que se hace en los medidores extremos de la resistencia total del circuito.

5.6.3 Medición del estado de presiones en el agua

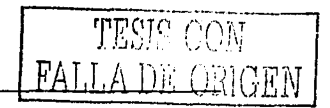
La medición de presiones en el agua tiene por objetivo:

- Conocer las condiciones hidráulicas en el subsuelo.
- Determinar el grado de consolidación durante la vida útil del terraplén.
- Verificar el funcionamiento de elementos de subdrenaje existente.

La medición de presiones en el agua se realiza con aparatos denominados piezómetros. Los más usados son los del tipo abierto o Casagrande y los neumáticos, los primeros se instalan en capas arenosas permeables y los segundos en arcillas.

Los piezómetros funcionan cuando el agua entra a través de una celda porosa, llenándola y estableciendo en su interior la presión que se tenga en el suelo, el piezómetro se instala dentro de una tubería de plástico perforada a manera de filtro, el piezómetro se lastra con plomo y se coloca en el estrato de interés, deberá marcarse el cable que lo sostiene para determinar su profundidad. La elevación del nivel del agua dentro del tubo puede medirse por métodos eléctricos, En la superficie se coloca el medidor llamado ohmímetro, al introducir el cable y al tener contacto con el agua se determina la profundidad del nivel freático.

Si el agua se derrama por el extremo del tubo que se hinco para la perforación, las presiones deben medirse con un manómetro de Burdon instalado en el extremo del tubo.



También existen los piezómetros neumáticos, los cuales tienen una celda porosa a través de la cual el agua presiona una membrana flexible. En la parte superior de la membrana está el dispositivo de medición, que puede variar de unos modelos a otros.

La instalación del piezómetro esta íntimamente ligada con la estratigrafía. En el caso de tener capas de arcilla y arena interestratificadas, es necesario colocar el piezómetro abierto en el estrato permeable. Un enemigo importante de los piezómetros son las aguas salitrosas y contaminadas por la corrosión que le provocan.

La elección del piezómetro que se utilice bajo terraplenes en terrenos blandos depende mucho del caso en particular, pero en general convienen aparatos de respuesta rápida y resistentes a la acción de aguas salobres y contaminadas.

5.6.4 Medición de la presión transmitida por los terraplenes al terreno de cimentación.

En terraplenes sobre suelos blandos los factores de seguridad varían alrededor de 1.2, así que es necesario tener datos precisos de la presión transmitida, para ello se utilizan celdas de presión ya sean eléctricas o hidráulicas. Las celdas son usualmente cilindros de gran diámetro comparado a su altura, cuya tapa superior suele ser flexible, las hay desde diámetros de 60 cm hasta 5mm. De las celdas sale una tubería llena también de agua que llega hasta un manómetro. El aparato trabaja por lectura directa, que hace el manómetro, de la presión que se genera en el interior de la celda por la presión ejercida sobre el área expuesta de ella.

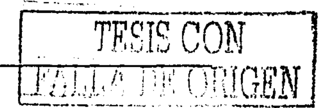
5.6.5 Problemas de instalación

Existe un conjunto de problemas comunes en la instalación de instrumentos que conviene mencionar:

- Es frecuente que los instrumentos se entierren en el suelo y permanezcan en él durante mucho tiempo. Muchas veces están bajo el nivel freático o sujetos a fluctuaciones del mismo, que puede imponer la condición de no reparación o reemplazo.
- Existen dificultades en la interpretación de mediciones que exigen un buen criterio para rechazar las lecturas erróneas y fijar la atención en los datos esenciales.
- La mayor parte de las mediciones son relativas entre dos puntos; para establecer los movimientos es necesario contar con referencias fijas confiables.
- En muchas ocasiones es preciso conocer el comportamiento de la estructura durante la construcción, lo que exige colocar instrumentos interfiriendo la libertad con de movimiento de hombres y equipos. Esto suele ser fuente de fricciones, oposiciones aparentemente fundamentadas a los programas de medición y en última instancia, de deterioro o ruptura de equipos de medición.

5.7 Conservación

La conservación de las obras de drenaje es el conjunto de actividades que se realizan para retirar azolve, vegetación, basura, fragmentos de roca y todo material que se acumule en estos elementos de drenaje, con el propósito de restituir su capacidad y eficiencia hidráulica, para proteger las terracerías aumentando su calidad de servicio y su vida útil (Ref.5.3).



5.7.1 Conservación de las alcantarillas y lavaderos.

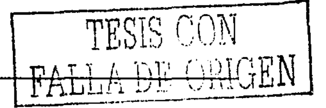
El equipo que se utilice en esta conservación debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada, en cantidad suficiente para limpiar el área necesaria. El equipo consistirá principalmente en lo siguiente:

- Unidades de agua a presión
- Compresores de aire

Los residuos producto de la limpieza se cargarán y transportarán al banco de desperdicios aprobado, en vehículos con caja cerrada o protegidas con lonas, o en tanques cerrados, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositados en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolas al banco de desperdicio lo mas pronto posible.

La limpieza de las alcantarillas y lavaderos, de drenaje pluvial se efectuará antes de la temporada de lluvias; cuando sean de drenaje residual, puede realizarse en cualquier época, preferentemente cuando estén secas. En cualquier caso, la limpieza se llevará a cabo cada vez que el azolve ocupe más de un tercio del diámetro de la altura de la alcantarilla o del lavadero. Los trabajos de limpieza de la alcantarilla se realizarán de la descarga de aguas arriba, a fin de poder verificar con certeza el funcionamiento adecuado de cada tramo.

Para la limpieza de las alcantarillas y lavaderos, se seguirá un procedimiento adecuado de acuerdo con su tipo y geometría. En tramos en operación, en su caso, la limpieza se efectuará en los horarios dentro de los cuales la afectación del tránsito sea mínima. Antes de iniciar los trabajos se deberán instalar los señalamientos de seguridad.



Previo al inicio de la limpieza, se realizará el desyerbe a la entrada y salida de las alcantarillas, arrancando las plantas de raíz, ya que en esta zona no se debe permitir el crecimiento de la vegetación. La limpieza dentro de la alcantarilla se deberá realizar cuidadosamente para no dañar el revestimiento y no alterar su pendiente longitudinal.

Los materiales sólidos, tales como suelos, fragmentos de roca, ramas de árboles, pedazos de madera, basura u otros desperdicios que se encuentren dentro de las alcantarillas, se retirarán con palas o por pepena. Se acumularán en almacenes temporales o se descargarán directo al camión.

Los residuos de la limpieza no deben emplearse en recargues de acotamientos, ni depositarse en los taludes de los canales o arriba de los mismos.

Los fluidos producto de derrames de combustibles, solventes, lubricantes o cualquier otra sustancia líquida o semilíquida (excepto el agua), vertidos accidentalmente dentro de las alcantarillas, se eliminaran por bombeo o aplicando arena sobre ellos para ser absorbidos, una vez absorbidos las sustancias se retirara la arena con palas al lugar de desperdicio.

Al terminar los trabajos, deben presentar un aspecto uniforme y estarán libres de residuos, las descargas o salidas deberán estar libres de hierba o obstrucciones y no se deberán dejar contaminantes de ningún tipo en el lugar de conservación.

5.7.2 Reposición de bordillos y guarniciones.

Los bordillos y guarniciones se repondrán únicamente en los casos que se considere estrictamente necesario para la protección los taludes de la erosión (Ref.5.4). Antes de iniciar los trabajos de reposición se deben instalar las señales que se requieran, el equipo y los materiales serán igual que en la construcción, descrita en el Capítulo 6.3.

CONCLUSIÓN CAPITULAR

Existen normas que explican cada uno de los procedimientos a seguir para obtener lo deseado. Esta información debe estar en manos de quien desarrolla este tipo de obra. Construir sobre suelo blando requiere especial cuidado en los trabajos de mejoramiento, se requiere de un buen juicio del ingeniero responsable y los que intervienen en el proyecto; es necesario especificar los volúmenes necesarios para lograr el comportamiento deseado.

Referencias:

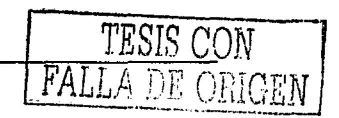
5.1 Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Normas de construcción de terracerías (SCT) N-CTR-CAR-1-01/001/00 a N-CTR-CAR-1-01/015/00.

5.2 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 2002. Editorial Limusa. Volumen 2 Capítulo 13.

5.3 Normas de conservación de carreteras de la SCT N-CSV-CAR-2-01/003/01, N-CSV-CAR-2-01/005/01, N-CSV-CAR-3-01/003/01 y N-CSV-CAR-3-01/003/01.

5.4 Normas de conservación de carreteras de la SCT N-CSV-CAR-3-01/006/01

5.5 Art. Martínez Mier J. A. Estudios geotécnicos, y notas de la clase Construcción de Cimentaciones.



CAPÍTULO 6

OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL

INTRODUCCIÓN CAPITULAR

Este capítulo trata obras de drenaje que son necesarias para proteger el terraplén. Se muestran algunos tipos de alcantarillas y características para seleccionar entre ellas la más adecuada según las particularidades del suelo. Además, indica el procedimiento de instalación en campo y establece criterios de aceptación o rechazo, entre otras obras complementarias.

6. OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL

Las obras de drenaje superficial tienen la finalidad de encausar las aguas superficiales que puedan dañar la terracería, erosionarla o dejar depósitos inadecuados sobre ella. Entre las principales obras de drenaje superficial que se usan en terraplenes sobre suelos blandos están las alcantarillas y los bordillos.

6.1 Alcantarillas.

Cuando el agua de escurrimiento superficial se concentra en un cauce natural, de régimen estacional o permanente, es necesario crear las estructuras que permitan su cruce de un lado al otro de la terracería. La capacidad se calcula con alguno de los procedimientos descritos en el Punto 2.4 del Capítulo 2. Cuando estas estructuras tienen un claro menor de 6 m se les conoce como alcantarillas. Las alcantarillas pueden resolverse según su importancia hidráulica con uno o varios tubos de concreto, con muros de mampostería que soportan losas armadas, o con muros y losas de concreto armado (Ref.6.1).

Por lo general en los suelos blandos no se cuenta con un buen drenaje superficial, y aunque en algunos casos se utilicen alcantarillas como las mencionadas, se presentan numerosos problemas y altos costos de conservación debido a asentamientos y azolves. Las alcantarillas flexibles o muy rígidas (como cajones de concreto) son más utilizadas.

Entre las principales recomendaciones para la colocación de la alcantarilla están las siguientes:

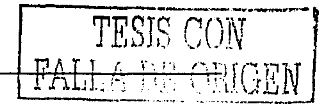
- De ser posible las alcantarillas siempre deberán colocarse en el fondo del cauce natural y sin transiciones bruscas en alineación vertical u horizontal.



- Cuando no sigan la misma línea de fondo del cauce natural, las alcantarillas deberán colocarse en una trinchera de suelo firme.
- Deberán analizarse las opciones en cuanto a costos de construcción y conservación.
- Es necesario tratar de encausar la entrada y salida del agua lo más perpendicular a la terracería. De no ser así, es necesario no tener quiebres bruscos o salientes capaces de fomentar turbulencias o erosiones.
- El gradiente hidráulico que exista dentro de la alcantarilla debe ser igual o mayor que la que tenía en el mismo trecho del cauce natural.
- Deben evitarse en las alcantarillas contracciones en la vena líquida.

Por lo general siempre se presentan algunos problemas entre la estructura térrea y la alcantarilla debido a que en está dificulta la compactación del material que la abriga. Lo anterior favorece a que el agua penetre en el suelo, propiciando la tubificación y causando problemas en la corona de la terracería. Es recomendable cuidar la calidad del material y compactación del suelo que abriga la alcantarilla.

Las alcantarillas sobre los suelos blandos presentan asentamientos considerables debido al peso de los terraplenes. Cuando los asentamientos son tan grandes que sobrepasaran los aceptados por una tubería flexible, se acostumbra colocar la estructura de la alcantarilla en un material más resistente que el terreno de cimentación. Sin embargo esta solución esta circunscrita al hecho de que al elevar la obra no se perjudique su comportamiento hidráulico o no se origine un almacenamiento de agua bajo la plantilla, a partir de cual esta pueda infiltrarse en el terraplén.



6.1.1 Alcantarillas flexibles

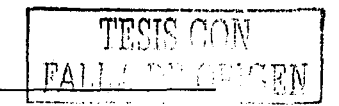
Las alcantarillas de lámina corrugada de acero son estructuras flexibles que se construyen mediante tubos o arcos de lámina corrugada, de acero, formadas por dos o más placas ensambladas y colocadas sobre el terreno en una o varias líneas. Según donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén. Según su dirección, se clasifican en normales y esviajadas. En cuanto a su geometría, se clasifican en alcantarillas de tubo circular, de tubo abovedado o de bóveda. Por otro lado, según su modo de ensamble, las alcantarillas se clasifica en anidables y seccionables; las primeras son la que se forman por la unión de dos o más secciones de lámina corrugada de acero, mediante ganchos especiales, y las segundas son las formadas por la unión de varias placas atornilladas de lámina corrugada de acero. Las alcantarillas flexibles se adaptan mejor al suelo blando, por que se adecuan en parte a los movimientos del terraplén.

6.1.2 Alcantarillas rígidas

Las alcantarillas tubulares de concreto son estructuras rígidas, que se construyen mediante tubos de concreto, con o sin refuerzo, colocados sobre el terreno en una o varias líneas. Según el terreno donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja y terraplén o en terraplén.

6.1.3 Construcción de alcantarillas

El equipo que se utilice para la construcción de alcantarillas de lámina corrugada de acero, debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa



de utilización de maquinaria. El equipo será operado por personal capacitado y se debe mantener en óptimas condiciones.

Todas las alcantarillas, rígidas o flexibles, se proyectarán para resistir una presión de tierra media correspondiente a una cierta altura de relleno, pero los movimientos relativos juntamente con el arqueo de los suelos, pueden hacer que esas condiciones varíen considerablemente. Por lo anterior, a fin de asegurar un adecuado comportamiento estructural, es indispensable que el ingeniero encargado de su instalación en campo tenga pleno conocimiento de estos problemas, y realice los cambios que se requieran en su instalación,

En un suelo blando como terreno de cimentación, éste cederá en general bajo la alcantarilla, lo mismo que a sus lados y las presiones tenderán a uniformizarse y aliviarse. Este último será más intenso en las alcantarillas flexibles. Para uniformizar el estado de presiones bajo y a los lados de la obra, se recomienda construir una plantilla de apoyo de material granular, que se extienda por lo menos un diámetro a cada lado y que tenga un espesor mínimo de 20 cm.

Las alcantarillas en suelos blandos normalmente se construyen unos meses después de construido el terraplén, con la finalidad de que hayan producido antes mayores hundimientos posibles.

La experiencia ha mostrado que las fallas de las alcantarillas son relativamente sistemáticas. Las alcantarillas usualmente no fallan por problemas de cimentación, sino por el diseño hidráulico o capacidad para soportar las diversas avenidas, (incluyendo la sedimentación de sólidos), o bien por socavación, erosión o tubificación. La mala ubicación de la alcantarilla en relación con el cauce que se drena o a la terracería que la abriga, contribuye muchas veces a generar o a agravar estos problemas.

La excavación para alcantarillas debe efectuarse de acuerdo con las secciones y niveles establecidos en el proyecto, dejando una holgura de 50 cm a cada lado de ella, para permitir la compactación del material de relleno. Las paredes de la excavación se harán tan verticales como el terreno lo permita. El fondo de la excavación en el que se asiente la alcantarilla no debe tener raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades. Se excavarán canales de entrada y salida con la geometría y longitud establecidas en el proyecto.

La plantilla de apoyo para la alcantarilla se formará con una capa del espesor y con los materiales, el grado de compactación y el nivel indicados en el proyecto, la geometría final de la plantilla será similar a la del tubo.

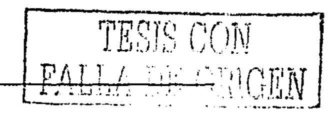
a) Colocación de estructuras flexibles.

La colocación de las alcantarillas se hará siempre de aguas abajo hacia aguas arriba. Las piezas se colocarán de manera que en sus traslapes transversales, el extremo del tubo al que le corresponda la parte exterior del traslape, quede aguas abajo. Los tramos de tubo se colocarán sobre la superficie de desplante, de tal forma que los traslapes longitudinales queden en los costados, nunca en la parte superior e inferior.

El sistema de sujeción para el ensamble de las piezas será el que indique el proyecto. Los tubos de las alcantarillas se anclarán al terreno únicamente cuando así lo indique el proyecto. Es necesario desviar el agua ya sea por bombeo, canales u otro procedimiento.

Apuntalamiento interior

Cuando se utilicen tubos circulares de 120 cm de diámetro (o mayores), sobre los que se vaya a colocar un relleno de más de 7.5 m de altura, antes de iniciar la



colocación de este se deberá prever un aumento del diámetro vertical de la alcantarilla en un 5 % para tubos anidables y en 3% para tubos seccionables.

Los aditamentos de instalación para aumentar el diámetro se retirarán 30 días después de haber terminado de formar los terraplenes, a menos que se prevean fuertes avenidas que obliguen a retirarlos antes.

b) Colocación y juntas de estructuras rígidas.

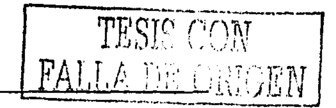
La colocación de las alcantarillas se hará siempre de aguas abajo hacia aguas arriba, ubicando el extremo con la junta tipo macho hacia aguas abajo. Las juntas entre los tubos y las perforaciones para el manejo de los tubos, se sellarán con mortero de cemento-arena en proporción 1:3.

Una vez colocada la tubería sobre la plantilla, se construirá un chaflán en ambos lados de los tubos, entre éstos y la plantilla, en toda su longitud. Este chaflán tendrá sección triangular con base y altura de 20 cm, elaborado con mortero cemento-arena en proporción 1:3.

Será necesario desviar el agua temporalmente durante la colocación de los tubos.

c) Relleno para ambos tipos de estructuras

El relleno colocado en los costados (acostillado) y alrededor de los tubos circulares, se compactará simétricamente con equipo manual, en ambos lados, en capas de 15 cm, con el material y el grado de compactación establecida en el proyecto. A menos que el proyecto indique otra cosa, para la protección del tubo se formará sobre éste un terraplén de sección trapezoidal, con base superior igual a tres veces el diámetro de la alcantarilla y altura de 1.5 veces ese diámetro, compactado con equipo manual.



Cuando se utilicen tubos abovedados, el relleno de los costados inferiores se hará con un material de mayor calidad y a un grado de compactación de 5% más alto que el resto del relleno.

d) Muros de cabeza

Los muros de cabeza de las alcantarillas se sujetarán con muros de cabeza de mampostería, concreto ciclópeo o concreto armado, conforme a lo que establezca en cada proyecto.

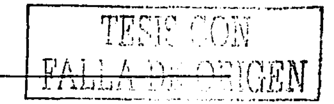
e) Acabado para estructuras flexibles

El interior de las alcantarillas se protegerá cubriendo los valles y las crestas de las corrugaciones con mortero asfáltico, de acuerdo a lo que señale el proyecto.

6.1.4 Criterios de aceptación o rechazo para estructuras flexibles

Además de lo establecido anteriormente, con fundamento en el control de calidad, se comprobará lo siguiente:

- Que la lámina de acero y sus sistemas de sujeción, así como los materiales de relleno, de los muros de cabeza, de los morteros y de los zampeados, cumplan con las características establecidas.
- Que la alcantarilla no presente en su interior deformaciones o tornillos flojos, así como deficiencias en su alineamiento vertical u horizontal, muros de cabeza agrietados o cualquier otro defecto que afecte la calidad y buen funcionamiento de la estructura.
- Que la pendiente de la alcantarilla sea la indicada en el proyecto.



- Que cuando se presenten infiltraciones, el agua sea desalojada por la misma alcantarilla sin presentar arrastre de sólidos.
- Que los canales de entrada y salida de la alcantarilla tengan por lo menos una longitud de 5 m en cada extremo, de acuerdo con el proyecto.

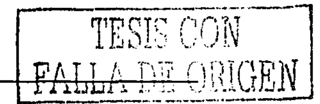
6.1.5 Criterios de aceptación o rechazo para estructuras rígidas.

Para estructuras rígidas se aplicará lo siguiente:

- Que los tubos de concreto, así como los materiales de relleno, de los muros de cabeza, del chaflán y de los zampeados, cumplan con las características establecidas.
- Que la alcantarilla forme un conducto continuo y firme, sin filtraciones y con superficie interior lisa y uniforme.
- Que la alcantarilla no presente deficiencias en su alineamiento vertical u horizontal, muros de cabeza agrietados, o cualquier defecto que altere el buen funcionamiento de la estructura.
- Que la pendiente de la alcantarilla sea la indicada en el proyecto.
- Que no existan defectos de ajuste en las conexiones con piezas especiales.
- Que los canales de entrada y salida de la alcantarilla tengan una longitud de 5 m en cada extremo, de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

6.2. El bombeo.

Se conoce como bombeo a la pendiente transversal que se proporciona a la corona del terraplén para permitir que el agua que directamente cae sobre ella escurra hacia sus hombros. El bombeo tiende a perderse en suelos blandos por asentamientos mayores en la parte central que en la orilla del terraplén, por lo que se aumentará considerando los asentamientos (Ref.6.2).



6.3 Bordillos.

Son pequeños bordos que se colocan en el lado exterior del acotamiento del terraplén o en su parte interior de las secciones en curva, y que forman una barrera para conducir el agua hacia los "lavaderos" y las bajadas, evitando erosiones en los taludes y saturación por el agua que cae sobre la corona de la terracería (Ref.6.1).

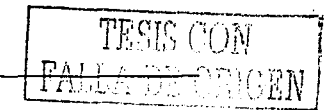
Existen bordillos de concreto asfáltico, de concreto hidráulico o de suelo-cemento. En algunos casos se consideran como obras provisionales, en tanto el talud se vegete y se proteja por si mismo o sea protegido mediante otro procedimiento.

Sólo se acostumbra construir bordillos en los terraplenes mayores de 1.5 m de altura, o cuando lo indica el proyecto. Se colocan en el lado exterior del acotamiento, a una distancia de 20 cm del hombro del camino. Los tramos sin pendiente longitudinal usualmente no requieren bordillos.

En los tramos en tangentes se deja un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia los lavaderos ubicados a una distancia de entre 50 y 100 m a menos que el proyecto indique otra recomendación. Asimismo, los bordillos tendrán forma trapezoidal con base inferior de 16 cm, base superior de 8 cm y una altura de 12 cm.

a) Bordillos de concreto hidráulico.

Los bordillos de concreto siempre tendrán la resistencia establecida en el proyecto. Si son colados en el sitio, se utilizarán moldes rígidos sobre el terreno, colocando varillas a cada metro de tal manera que permanezcan anclados al terreno natural. Si se emplean elementos precolados, el proyecto debe indicar el



procedimiento de fabricación, colocación, tipo de anclaje y tratamiento de las juntas.

Cuando la colocación del bordillo se realice mediante el procedimiento de extrusión, con máquina especial autopropulsada, el bordillo se anclará al terreno natural con varillas a cada metro.

Los bordillos de concreto hidráulico colados en el lugar, deben curarse de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

b) Bordillos de concreto asfáltico.

Los bordillos de concreto asfáltico se construirán utilizando los materiales especificados en el proyecto. Cuando sean colados en el sitio, se utilizarán moldes colocados verticalmente o con un talud 1/3:1, rellenándose con el concreto asfáltico de 6 cm de espesor, ligeramente apisonados.

Si la colocación del bordillo se realiza mediante el procedimiento de extrusión con una máquina especial, autopropulsada, para lograr una consistencia estructural adecuada se vigilará la velocidad de avance de la máquina y del control de la temperatura, la cual deberá ser de 130°C.

c) Bordillos de suelo cemento.

Los bordillos de suelo-cemento se elaborarán con el procedimiento indicado en el proyecto y se construirán mediante el proceso de extrusión, con una máquina especial autopropulsada. Para lograr una consistencia estructural adecuada, se tendrá especial cuidado en el control de la velocidad de avance de la máquina.

6.3.1 Criterios de aceptación o rechazo.

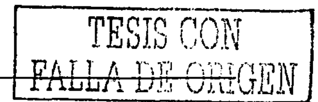
En los bordillos debe verificarse lo siguiente:

- Que los materiales cumplan con las características establecidas como se indica en el proyecto.
- Que el bordillo forme una barrera continua, firme y no presente pérdida de alineamiento horizontal, ni agrietamientos transversales, o cualquier defecto que afecte su calidad o buen funcionamiento.
- Que la altura del bordillo sea la indicada en el proyecto, con una tolerancia de 5 mm.
- Que la unión de bordillo con lavadero sea en forma de arco o a 45 grados con respecto al eje del lavadero y no presente agrietamientos.

6.4 Los lavaderos

Los lavaderos son canales que se conectan con los bordillos y bajan transversalmente por los taludes, con la misión de conducir el agua que escurre por los acotamientos hasta lugares alejados de los terraplenes, donde sea inofensiva. Los lavaderos pueden ser de mampostería, concreto hidráulico o metálicos. Generalmente tienen sección triangular, con el propósito de lograr una depresión en su intersección con el acotamiento, para facilitar la entrada de agua al lavadero (Ref.6.1).

Los lavaderos se construirán sobre el talud y a ambos lados de los terraplenes en tangente, de preferencia en las partes con menor altura, en el talud interno en las curvas horizontales en la parte más baja, en las partes bajas de las curvas verticales, y en las salidas de las obras menores de drenaje que lo requieran. En los tramos en tangente se construirán a cada 50 m. En ningún caso se colocarán bordillos y lavaderos en tramos sin pendiente longitudinal.



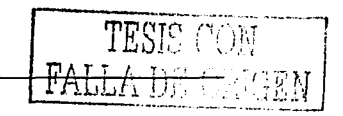
La excavación tendrá un ancho igual al ancho exterior del lavadero y a una profundidad máxima igual a la profundidad del mismo, con las paredes perfectamente perfiladas para alojar la sección del lavadero, prolongando la excavación hasta interceptar la superficie del acotamiento.

Si van a emplearse secciones de lámina corrugada de acero, la excavación se realizará de manera que se obtenga una plantilla de forma semicircular, con profundidad máxima igual al radio de la lámina empleada, prolongándola hasta alcanzar el acotamiento. El fondo de la excavación en que se apoye el lavadero estará exento de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades.

Una vez terminada la excavación, se revestirá el canal mediante un zampeado para protegerlo contra la erosión. Previo al revestimiento, la superficie se afinará, humedecida y compactada al grado establecido en el proyecto. El tipo de recubrimiento, su espesor y la resistencia serán lo que establezca el proyecto. Cuando sea necesario reducir la velocidad del agua en los lavaderos revestidos, se construirán escalones con disipadores de energía.

En la colocación de las láminas corrugadas de acero para proteger el lavadero contra la erosión según lo indique el proyecto, considerará lo siguiente:

- La colocación de las laminas se hará siempre de aguas abajo hacia aguas arriba.
- Las piezas se colocarán de manera que en sus traslapes, el extremo de la lámina a la que corresponda la parte superior del traslape, quede aguas arriba. El sistema de sujeción para el ensamble de las piezas será el que indique el proyecto.



- Los anclajes intermedios en los lavaderos, con separación de entre 3 y 5m, unidos por medio del colado monolítico con acero de refuerzo, o pilas especiales en el caso de la lámina.
- La unión del lavadero con el bordillo se hará en forma de arco o mediante una transición de cuarenta y cinco grados con respecto al eje del lavadero y abanicos en la intersección del lavadero con el acotamiento que tengan pendiente de manera que se permita encausar el agua rápidamente a la entrada del lavadero.

6.4.1 Criterio de aceptación o rechazo.

En los lavaderos se verificara lo siguiente:

- Que el lavadero forme un canal continuo, firme y sin filtraciones.
- Que no presente agrietamientos longitudinales, ni transversales.
- Que no tenga obstrucciones en el cauce o cualquier defecto que evite el buen funcionamiento.
- Que la sección establecida en el proyecto sea la desarrollada, con una tolerancia menor de 1 cm para lavaderos de concreto simple, y menos 3 cm para lavaderos de mampostería.

CONCLUSIÓN CAPITULAR

Al igual que la construcción del terraplén, las obras de drenaje tienen una serie de normas y procedimientos. Las obras de drenaje son tan importantes como la estructura misma del terraplén y debe tenerse especial cuidado en su construcción. Cualquier incumplimiento con la norma puede causar que el terraplén quede fuera de servicio.

Referencias:

6.1 Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Normas de construcción para terracerías y obras de drenaje N-CTR-CAR-1-01/001/00, N-CTR-CAR-1-03/002/00, N-CTR-CAR-1-03/007/00 y N-CTR-CAR-1-03/006/00.

6.2 Rico A y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 1 Capítulo 11.

CAPÍTULO 7
CONTROL DE CALIDAD



INTRODUCCIÓN CAPITULAR

Este capítulo trata las características que deben cumplir los diferentes conceptos involucrados. Se describe la manera de ejecutar el control de calidad, los aspectos a considerar, cómo debe hacerse el muestreo, en qué consisten los análisis estadísticos y cómo se deben hacer los reportes del control de calidad. Además se muestran tablas con características de materiales que aprueban la calidad para las etapas del terraplén.

7. CONTROL DE CALIDAD

7.1 Conceptos generales

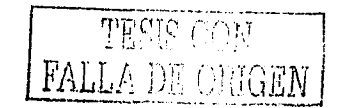
El control de calidad durante la construcción y la conservación de los terraplenes y obras complementarias permiten evaluar las propiedades inherentes a los diversos conceptos involucrados, así como a los materiales y equipos que se utilizan en su ejecución, comparándolas con las especificaciones de proyecto. Como resultado de ese control podrá decidise la aceptación, rechazo o corrección del concepto y determinar oportunamente si el procedimiento de construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Las principales actividades del control de calidad comprenden el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, y los análisis estadísticos de sus resultados (Ref.7.1).

Para verificar la calidad en el campo se deberá contar con un programa detallado de control de calidad, técnicamente factible y aceptable, que compruebe la calidad de las actividades programadas y que incluya la forma y los medios a utilizar para evaluar la de los materiales y de todos los conceptos de obra. Así mismo, el personal profesional, técnico y de apoyo, las instalaciones, equipo, materiales de laboratorio, y equipo de transporte, adecuado y suficiente de acuerdo al programa detallado de verificación de la calidad.

7.1.1 Ejecución

En la ejecución del control o verificación de calidad se tomará en cuenta lo siguiente:

- Que el personal que ejecute dicho control o verificación tenga la capacitación y experiencia suficientes, así como que esté integrado mínimo por un jefe de control, uno de verificación y personal suficiente de laboratorio.



- Los laboratorios tendrán en sus instalaciones áreas para almacenamiento, preparación y ensaye de muestras, así como para la calibración del equipo, fuentes de energía y de iluminación, y cuando sea necesario, sistemas de comunicación, de control de temperatura y de ventilación, que permita la correcta ejecución de las pruebas y de las calibraciones.

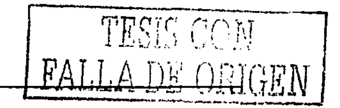
- El equipo y materiales que se utilicen estarán en condiciones óptimas para su uso, calibrados, limpios, completos en todas sus partes y sin desgaste excesivo que pueda alterar significativamente los resultados de las pruebas. Todo material que se emplee debe cumplir con las especificaciones de proyecto.

- Los vehículos de transporte deben ser adecuados para trasladar al personal, al equipo y a los materiales para el control o para la verificación de calidad, así como las muestras que se obtengan.

a) Muestreo

A menos que el proyecto indique lo contrario, las muestras serán del tipo señalado en los Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), y se obtendrán con la frecuencia ahí indicada cuando sean para el control de calidad, y del 10% cuando se trate de verificación. En todos los casos las muestras se seleccionaran al azar, mediante un procedimiento objetivo basado en tablas de números aleatorios.

Las muestras deben transportarse del sitio de su obtención al laboratorio y almacenarse de modo que no se alteren, golpeen o dañen. Al recibirlas en el laboratorio, se registrarán, asentando el número de identificación que se les asigne, tipo de muestra, material y/o concepto de obra a que pertenece, sitio de



donde se obtuvo, fecha del muestreo y observaciones pertinentes. Todos los registros de muestras estarán disponibles en el laboratorio.

b) Análisis estadístico.

El jefe del control de calidad o de verificación de calidad, analizará estadísticamente los resultados de las mediciones, así como las pruebas de campo y laboratorio que se ejecuten, mediante cartas de control para cada material, frente y concepto de obra. Deben compararse los valores obtenidos con los límites de aceptación que se establezcan en las especificaciones del proyecto y con los límites estadísticos que determinan si el proceso de construcción se desarrolla adecuadamente o presenta desviaciones que deban corregirse inmediatamente, asociando dichos valores con el concepto de trabajo, ubicación en la obra y volumen. Las cartas de control se actualizarán diariamente.

De existir incertidumbre sobre la validez de una medición prueba o muestra, o duda respecto a la aceptación o rechazo de un material o concepto de obra, la decisión se puede basar en otro procedimiento estadístico.

c) Informes de control de calidad

El jefe de control de calidad elaborará informes en los que se presenten, mediante tablas, gráficas, croquis y fotografías, los resultados de las mediciones y pruebas ejecutadas, incluyendo la información necesaria para su interpretación, así como las cartas de control y los análisis estadísticos realizados. En su caso, señalara además, las acciones y los tratamientos de los elementos rechazados de cada concepto de trabajo analizado; y el dictamen de calidad. Estos informes deberán ser de tres tipos: diarios, mensuales y finales.

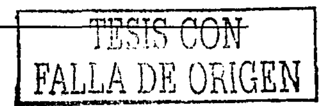


Informes diarios

Al finalizar cada día se elaborará un informe diario para cada material, frente y concepto de obra con los resultados de las mediciones y pruebas ejecutadas durante el mismo, señalando aquellos que no cumplan con las especificaciones del proyecto y/o que muestren desviaciones en el proceso de construcción que deban corregirse inmediatamente, así como las causas de falla y recomendaciones para corregirlas. Para cada uno de los resultados se indicarán los números de muestra y prueba correspondientes, el sitio, material, frente, concepto de obra, volumen representado y fecha en que se obtuvo la muestra o se ejecutó la prueba de campo y en su caso la fecha del informe, y el nombre del laboratorista que haya registrado dichas pruebas.

Informes mensuales

Estos informes se presentarán al final de cada mes. Deben contener como mínimo la descripción de los trabajos de control de calidad ejecutados en el periodo, las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, los resultados de otros análisis estadísticos efectuados para cada material, frente y concepto de obra. En su caso, indicarán los materiales y/o conceptos de obra que se rechazaron por no cumplir con las especificaciones del proyecto y/o mostrar desviaciones en el proceso de construcción, señalando las causas de falla y las acciones emprendidas para corregirlas. Además, el dictamen que certifique que la obra ha sido ejecutada de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de construcción, de los acabados y las tolerancias geométricas, especificadas en el proyecto. Como apéndices se incluirá un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes del control de calidad y copias de todos los informes diarios elaborados en ese periodo.



Informe final

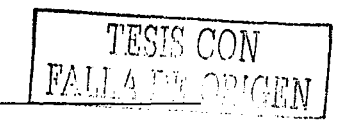
Se elaborará al cierre de la obra. Contendrá como mínimo los objetivos, alcances y descripción de los trabajos para el control de calidad ejecutados desde el inicio de la obra, las cartas de control de las mediciones, las pruebas realizadas y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados en toda la obra y el dictamen que certifique que la obra se ejecutó de acuerdo con las características de los materiales, equipos, acabados y tolerancias geométricas especificadas en el proyecto. Como apéndice se incluirá un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes de la obra terminada.

d) Criterios estadísticos de muestreo

Los resultados de las pruebas en materiales y conceptos de obra tendrán variaciones debidas a la heterogeneidad del material, a variaciones en el proceso constructivo, y a problemas derivados de los procedimientos de muestreo y prueba. Estos factores son variables aleatorias y, por lo tanto, los resultados lo son también, de forma que, para que indiquen la verdadera calidad de lo probado. Es necesario que el muestreo siga un proceso estadístico que garantice la selección de las muestras realmente al azar, de acuerdo con las reglas que la estadística ha desarrollado para el caso.

El plan de muestreo estadístico ha tener poseer un procedimiento objetivo para la selección de la muestra, basado principalmente en la tabla de números aleatorios, que garantice que todos y cada uno de los elementos de la población por muestrear tengan la misma probabilidad de ser seleccionados.

Una tabla de números aleatorios es una disposición de números con una cierta cantidad prefijada de dígitos obtenidos estrictamente al azar, que se utiliza para



definir el lugar en donde se obtendrá la muestra de un lote de material o de un volumen de obra (Ref.7.1). Las tablas pueden ser simples o compuestas. La tabla de números aleatorios simple utiliza para la selección de muestras que se obtengan de lotes o conjuntos de objetos similares entre sí y la de números aleatorios compuesta para la selección de muestras obtenidas de superficies regulares.

Para la selección al azar de las muestras o de los elementos que las componen, puede usarse cualquier tabla de números aleatorios, pero estableciendo una secuencia de utilización que garantice que todos y cada uno de los elementos de la población por muestrear, tengan exactamente la misma posibilidad de ser seleccionados. Una vez establecida la secuencia de utilización de la tabla para el muestreo de una población especifica o de un proceso de producción determinado, debe documentarse detalladamente y aplicada siempre que se seleccionen muestras de esa población o proceso (Ref.7.2).

Para la selección de las muestras (o elementos que las compongan), que se obtengan de lotes o conjuntos de objetos que sean similares entre sí, se recomienda la utilización de la tabla de números aleatorios simple.

En la selección de muestras o de los elementos, que se obtengan de superficies regulares, como lo son las capas de compactación de las terracerías, se recomienda la utilización de la tabla de números aleatorios compuesta.

También existen métodos estadísticos de control de calidad basados en el uso de las gráficas de control, dado que se maneja un proceso de construcción y se puede calcular la dispersión, de los resultados de cierta cantidad de pruebas realizadas en el laboratorio. Como requisito previo, estos últimos deberán proceder de una operación de muestreo adecuado, el cual puede ser con base en el plan aleatorio comentado anteriormente.



Las tablas de control pueden ser (Ref.7.3):

i) Gráficas de control de medias
   - Con base en el promedio de las amplitudes
   - Con base en el promedio de las desviaciones estándar
   - Con base en la media y en la desviación estándar del universo original

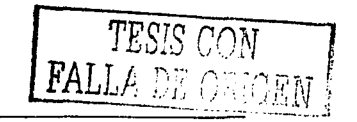
ii) De control de amplitud

iii) Para el control de las desviaciones estándar

Con el uso de estas gráficas, el responsable del control de calidad puede saber si los valores que está manejando tienen variaciones o dispersiones razonables (o inevitables) o si, por el contrario, se le presentan algunas susceptibles de ser eliminadas.

La comparación de las tolerancias establecidas en el proyecto y las que se consideren con los limites de control orientará al responsable del control de calidad acerca de lo realistas que sean dichas tolerancias o de lo apropiado que sean sus métodos de trabajo, en el sentido de que si las tolerancias resultan más estrechas que los limites de control, el recurso será ejecutar la tarea con un método de mayor precisión, a no ser que por la tecnología empleada o por la experiencia de las personas que desarrollen la obra, puedan ampliarse los limites de control en el proceso de construcción.

Puede adoptarse en la metodología un control de aceptación con base en las desviaciones estándar. En un control de calidad debidamente planeado el tipo de exigencia depende de la estructura por desarrollar y no es para todas las estructuras el mismo nivel, ni siquiera en todas las actividades involucradas dentro de la obra.



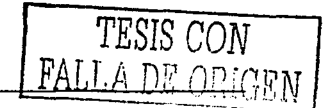
La selección del criterio de aceptación en particular para cada obra está ligada no sólo a la importancia de la obra, sino también al riesgo de falla al costo de operación que se estudie y a consideraciones de otra índole. El balance de estos criterios define un buen proceso de control de calidad basado en gráficas de control y, en última instancia, un buen trabajo de equipo humano.

Un uso rutinario de las gráficas de control en cualquier momento indicaría si el proceso se mantiene bajo control. Lo anterior indicaría que los valores obtenidos estarían dentro de los limites de control, de lo contrario, indicarán que el proceso se ha salido de control, señalando el momento en que se ha de actuar sobre el proceso, ya sea ajustarlo, mejorarlo o cambiarlo.

7.2 Control de calidad en bancos de materiales

En caso de que para la explotación de bancos de materiales se requiera el uso de explosivos, deben obtenerse los permisos para su adquisición, traslado, manejo, almacenamiento y utilización, conforme a los requerimientos de la Secretaría de Defensa Nacional (SDN) y considerar lo siguiente (Ref.7.4):

- Los polvorines para el almacenamiento de los explosivos y sus accesorios deben cumplir con los lineamientos establecidos por la SDN.
- Sólo se transportarán del polvorín al sitio de su utilización, los explosivos y artificios que se vayan a detonar cada vez. Los explosivos se transportarán en vehículos diferentes a los que se utilicen para los artificios y se depositarán separadamente en el sitio de su utilización.
- El manejo de los explosivos se hará con todos los cuidados necesarios que garanticen la seguridad del personal y la integridad de la obra.



7.2.1 Equipos

Los equipos que se utilicen para la explotación de bancos, será en los adecuados para obtener la selección de materiales especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria. Entre estos equipos están:

- *Barrenadoras,* que pueden ser de operación manual o mecánica, con versatilidad suficiente para que se adapten fácilmente al patrón de barrenación.
- *Tractores,* montados sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.
- *Motoescrepas, a*utopropulsadas, reversibles y autocargables, con capacidad de 8.4 m^3 como mínimo.
- *Cargadores frontales.* Autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque, para la extracción y carga de los materiales producto de la excavación.

Los materiales no aprovechables o desperdicios que resulten de la explotación, se cargarán y transportarán a un sitio dentro del banco donde no estorben la extracción y tratamiento de los materiales aprovechables y donde no obstruya el drenaje natural. Al término de la explotación o utilización del banco, esos materiales se colocarán y extenderán en los fondos de las excavaciones y en los taludes.

La superficie de los caminos dentro del banco, por donde se transporten los materiales y desperdicios, se mantendrá húmeda, regándola periódicamente con agua, para impedir el levantamiento de polvo que afecte a terceros o reduzca la visibilidad.



7.2.2 Explotación del banco

Antes de abrir un frente en el banco, se delimitará la zona por excavar mediante estacas u otras referencias. La zona por excavar, delimitada, se desmontará y despalmará como se citó en el Capítulo 5, Incisos 5.1 y 5.2.

Las explotaciones de los bancos se ejecutarán en la forma más regular posible, en seco, con el talud que garantice la estabilidad del frente, sin aflojar el material ni alterar las áreas fuera de la zona delimitada y de manera que se permita el drenaje natural. Si por explotación inapropiada del banco, se afloja peligrosamente el material adyacente al frente de ataque, debe suspender la explotación, estabilizar la zona dañada y abrir otro frente.

Al término de la explotación del banco, además de las medias de mitigación al impacto ambiental indicadas en el proyecto, se tenderán y afinarán los fondos de las excavaciones y sus taludes, estos últimos con inclinación 1,5:1 o más tendidos, salvo que se trate de frentes de roca; además, se proveerá de un adecuado drenaje. Si al finalizar la explotación, los materiales de los taludes resultan fragmentados o la superficie irregular o inestable, el material será removido, amacizando los taludes.

Una vez afinados los fondos y taludes de las excavaciones, los materiales no aprovechables o desperdicios resultado de la explotación, se colocarán sobre aquellos, extendiéndolos para formar una superficie uniforme y estable, de forma que el producto del despalme quede en la superficie con el propósito de propiciar el crecimiento de la vegetación.



7.2.3 Tratamiento de materiales.

Los materiales que lo requieran, se pasarán por cribas mecánicas que aseguren la eliminación de las partículas de tamaños mayores al máximo establecido en el proyecto. Aquellos que requieran trituración parcial y criba, se triturarán al tamaño máximo establecido en el proyecto, con el equipo mecánico adecuado para satisfacer la composición granolumétrica fijada. El material se hará pasar totalmente por el equipo, aunque sólo una parte de él se triture, determinando previamente el porcentaje por triturar. Por su parte, aquellos materiales que requieran ser triturados totalmente y cribados, se triturarán al tamaño máximo establecido en el proyecto, con el equipo mecánico adecuado para satisfacer la composición granolumétrica fijada.

7.3 Especificaciones de materiales para terracerías.

a) Materiales para terracerías

Los materiales para terracerías son fundamentalmente suelos y fragmentos de roca, producto de bancos, que se utilizan para formar el cuerpo del terraplén hasta el nivel de desplante de la capa subyacente (Ref.7.4). Aquellos que se utilicen para la conformación de los terraplenes cumplirán con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 7.1, a menos que se hagan las pruebas necesarias para autorizar la aprobación de otro tipo de materiales.



Tabla 7.1. Requisitos de material para terracerías

Características	Valor
Limite líquido; % máximo	50
Valor Soporte de California (CBR)[1]	5
Expansión; % máxima	5
Grado de compactación[2]; %	90±2

1 En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1.5 m de profundidad.

2 respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua optimo de la prueba, salvo que el proyecto indique otra cosa.

Por cada 300 m^3 o fracción del material extraído del banco se deberá realizaran las pruebas necesarias que aseguren que cumple con el límite líquido indicado en la Tabla 7.1 (Ver Manual M-MMP-1-01 Manual de muestreo de materiales para terracerías de la SCT). Además por cada 1000 m^3 extraídos se realizaran todas las pruebas necesarias para garantizar que cumple lo establecido en dicha tabla.

b) Materiales para capa subyacente.

Los materiales para la capa subyacente son suelos y fragmentos de roca, extraídos de bancos, que se utilizan para formar la capa que se construya inmediatamente encima de las terracerías (Ref.7.4).

Los materiales para la capa subyacente que existirá o no según las características e intensidad del transito esperado (Norma N-CMT-1-02/02) deberá cumplir con lo establecido en la Tabla 7.2.



Tabla 7.2. Requisitos de calidad de materiales para capa subyacente

Características	Valor
Tamaño máximo y granulometría	Que sea compactable[1]
Límite líquido; %, máximo	50
Valor de Soporte de California (CBR)[2]; %, mínimo	10
Expansión; % máxima	3
Grado de compactación[3]; %	95±2

1 De acuerdo con lo especificado en el Manual M-MMP-1-02, Clasificación de fragmentos de roca y suelos.

2 En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1.5m de profundidad.

3 Respecto a al masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASTHO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto indique otra cosa.

c) Materiales para la capa subrasante.

Los materiales para la capa subrasante son los suelos naturales, seleccionados o cribados, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizan para formar esta capa inmediatamente encima de la capa subyacente o del cuerpo de un terraplén cuando esta última no se construya (Ref.7.4).

Los materiales para la formación de la capa subrasante, en función de sus características y de la intensidad del transito esperado, cumplirán con lo indicado en la Tabla 7.3.

Dependiendo del número de ejes equivalentes, la capa subrasante será motivo de diseño especial; podrá ser de 20 o 30 cm según sea dicho número de ejes equivalentes. Si ese número rebasa los 10 millones durante la vida útil, requiere de diseño especial.

Tabla 7.3 Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante.

Características	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Indice plástico; %, máximo	12
Valor de Soporte de California (CBR)[1]; %, mínimo	20
Expansión; % máxima	2
Grado de compactación[2]; %	100±2

1 En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1.5m de profundidad

2 Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto indique otra cosa.

CONCLUSIÓN CAPITULAR

La implementación del control de calidad obliga a establecer un criterio de aceptación y rechazo para cada concepto de obra y permite evaluar las propiedades inherentes, los materiales y equipos que se utilizan en su ejecución, comparada con las especificaciones de proyecto. Lo anterior permite aceptar, rechazar o corregir oportunamente cada concepto. El programa detallado de control de calidad debe comprender el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio y los análisis estadísticos de sus resultados.

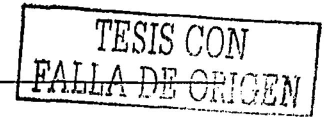
Referencias

7.1 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Manual de calidad y Criterios de Muestreo de la SCT M-CAL-1-01/01 y SCT M-CAL-1-02/01

7.2 Elizondo M. R. Notas de la clase Control de Calidad y Diseño de Especificaciones.

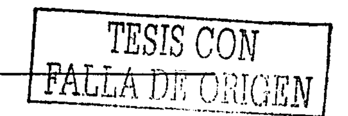
7.3 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 2 Cap. 17. Pág. 561

7.4 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma para la construcción de terraplenes N-CTR-CAR-1-01-008/00, N-CMT-1-01/02,. N-CMT-1-02/02 y N-CMT-1-03/02.



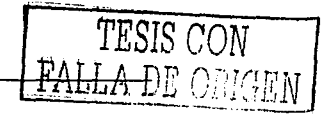
CAPÍTULO 8

ASPECTOS ECONOMICOS



INTRODUCCIÓN CAPITULAR

Este capítulo trata sobre las actividades que tienen mayor participación en el costo de un terraplén, incluyendo algunos equipos, mano de obra y actividades como desmonte, despalme, terracería, obras de drenaje y conservación. Solo se ofrece un listado de las unidades de contrato y los aspectos que deben incluirse en el precio de cada actividad mencionado.



8. ALGUNOS ASPECTOS ECONOMICOS

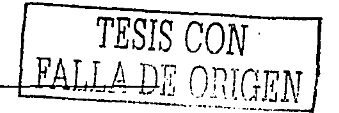
Existen modelos de costos desarrollados para estimar el costo de terraplenes y obras de drenaje por kilometro para condiciones topográficas, geológicas y de proyecto dadas, en ellos se puede obtener la siguiente información (Ref.8.1).

Las cuatro grandes operaciones que se tienen en la participación en la construcción de los terraplenes son:

Concepto	Porcentaje estimado del costo
Desmonte y despalme	2.8%
Excavaciones	56.1%
Acarreos	11.9%
Terraplenes	29.2%
Total	100%

Los equipos que comúnmente se utilizan en la construcción de terraplenes tiene la siguiente ponderación respecto al porcentaje total:

Equipos	Porcentaje de participación
Tractor	39.0%
Camión de volteo	16.5%
Cargador frontal	8.1%
Compresor	1.2%
Perforador de orugas	2.2%
Motoescrepas	1.0%
Total	**68%**



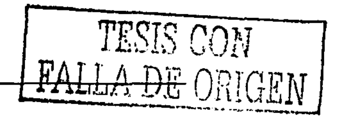
Otros porcentajes importantes comprenden la mano de obra, los materiales y servicios mostrados en la siguiente tabla:

Mano de obra	2.9%
Materiales Gasolina Diesel Aceite Llantas de camión	14.5%
Servicios Fletes	7%

La participación del costo en los mejoramientos del terreno de cimentación está en función de las especificaciones de proyecto y de las características de cada lugar y cada tramo de terraplén. Las condiciones locales en campo pueden duplicar o triplicar el costo de un terraplén. La presupuestación del mejoramiento se realizará con base en el proyecto, realizando los ajustes durante la construcción, los cuales tendrán que ser aprobados por el responsable de obra.

Dentro de la maquinaria más utilizada, en la construcción del terraplén de la que se requiere determinar su alcance o participación en cada caso especifico, están:

- Cargadores frontales.
- Plantas de trituración.
- Camión de volteo.
- Motoconformadoras.
- Compresores.
- Dragas.



8.1 Costos

El costo de una unidad de obra se define como la suma de los costos parciales de cada uno de los elementos que intervienen en la realización de la obra unitaria; es decir, la suma de (Ref.8.2):

- Costos de los materiales
- Costos de la mano de obra
- Costo de la maquinaria y equipo
- Costos derivados de otras partidas no involucradas, pero que incurren en el costo final.

En nuestro país existe una Ley de Inspección de Contratos y Obras Publicas y Reglamentos de Normas de Contratación y Ejecución de Obra Publica. En el Artículo 10 de la Ley, se especifica que los contratos deben formularse en base a precios unitarios. El precio unitario se basa en la unidad de obra, por unidad de medición y pago, e incluye el costo directo, el costo indirecto y la utilidad.

Para el cargo por maquinaria y equipo en un costo de una unidad de obra, se fija el costo horario de la máquina en función de su vida económica y esta depende de la maquinaria en sí y de varios factores que influyen en ella como el operador, el lugar de trabajo y el mantenimiento.

Los plazos que se establecen para la duración de la vida económica se apoyan en promedios de los valores obtenidos de la experiencia de otras personas y agrupaciones, o bien nos podemos apoyar en la Cámara Mexicana de la Industria y la Construcción.



Los factores que se incluyen en el costo horario son:

- Valor de adquisición de la máquina
- Condiciones de trabajo
- Número de horas empleadas por año
- Número de años de uso
- Mantenimiento y reparación
- Mercado del equipo que fija el valor de rescate

Dentro del costo directo de una maquinaria debe comprender los cargos fijos y los cargos variables, dentro de los primeros están la depreciación, inversión, seguro, almacenamiento y reparación. Dentro de los segundos los combustibles, lubricantes, llantas, gastos de operación.

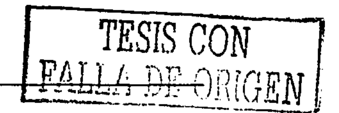
8.2 Construcción de terraplenes.

En lo que sigue se indican los conceptos que intervienen en el desarrollo de las terracerías, así mismo el tipo de contrato, determinación del avance para estimaciones y unidades de media.

a) Desmonte.

El contrato para desmonte puede realizarse por precios unitarios, por unidad de obra terminada, tomando como unidad la hectárea de desmonte, según su tipo, con aproximación a un décimo (Ref.8.3). El precio unitario deberá incluir:

- Visita de inspección
- Delimitación de la zona de desmonte
- Tala, roza, desenraice y limpia.



- Carga y descarga en el sitio y forma que indique el proyecto de la disposición de los residuos del desmonte.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes de todos los residuos del desmonte durante cargas y descargas.

b) Despalme.

El contrato puede realizarse por unidad de obra terminada. Para determinar el avance o la cantidad de obra realizada, se toma como unidad el m^3 y calcula el despalme por medio de seccionamientos y con el método de promedio de áreas extremas, según su tipo, con su aproximación a un décimo (Ref.8.3). Cuando se realice la obra por unidad de obra terminada, el m^3 de despalme deberá incluir:

- Visitas de inspección.
- Delimitaciones de las zonas de despalme.
- Corte, extracción, remoción, carga y descarga en el sitio y forma que indique el proyecto, del material producto de despalme.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes del material producto del despalme durante cargas y descargas.

c) Terracerías

La construcción de terracerías también se realiza a precios unitarios por unidad de obra terminada. El avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, se determinara mediante secciones, siguiendo el método de promedio de áreas extremas. Al término de la obra se harán los ajustes necesarios conforme a lo planteado en el proyecto y que se hayan aprobado durante la construcción (Ref.8.3). La medición se hará tomando como unidad el m^3 de terraplén terminado, con aproximación a la unidad, para:

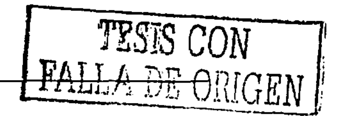
1) Cuerpo del terraplén, ampliación de la corona o tendido de los taludes de terraplenes existentes, capa subyacente, capa subrasante y elevación de la subrasante, utilizando materiales compactables procedentes de cortes, para cada grado de compactación. Incluirá lo siguiente:

- Disgregado y marreo[1] del material
- Pepena y eliminación de las partículas de tamaño mayores al máximo establecido en el proyecto, cuando el material se utilice para las capas subyacente y subrasante.
- Cargas del material en los cortes al equipo de transporte y descarga en el lugar de tendido.
- Permisos de explotación de bancos de agua, extracción, carga, acarreo al lugar de utilización, aplicación en incorporación del agua.
- Preparación de la superficie de desplante, incluyendo el relleno de huecos y la compactación del terreno natural o el despalmado.
- En su caso, operaciones para quitar el agua excedente al contenido de agua de compactación establecido en el proyecto.
- Operaciones de tendido, conformación y compactación al grado fijado en el proyecto.
- Afinamiento para dar el acabado superficial
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes de los materiales durante cargas y descargas.

2) Cuerpo del terraplén y ampliación de la corona o tendido de los taludes de terraplenes existentes, utilizando materiales no compactables procedentes de cortes. Deberá incluir lo siguiente:

---

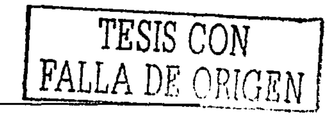
1 Separación del material



- Cargas del material en los cortes al equipo de transporte y descarga en el lugar de tendido.
- Permisos de explotación de bancos de agua, extracción, carga, acarreo al lugar de utilización, aplicación en incorporación del agua.
- Preparación de la superficie de desplante, incluyendo el relleno de huecos y la compactación del terreno natural o el despalmado.
- En su caso, operaciones para quitar el agua excedente al contenido de agua de compactación establecido en el proyecto.
- Operaciones de tendido, conformación y compactación al grado fijado en el proyecto.
- Afinamiento para dar el acabado superficial
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes de los materiales durante cargas y descargas.

3) Cuerpo de terraplén, ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, capa subyacente, capa subrasante y la elevación de la subrasante, utilizando materiales compactables procedentes de bancos, para cada grado de compactación y cada banco en particular. Incluirá:

- Desmonte y despalme de los bancos, extracción del material aprovechable y del desperdicio cualesquiera que sean sus clasificaciones, disgregado y marreo del material, pepena y eliminación de las partículas de tamaños mayores al máximo establecido en el proyecto, cuando el material se utilice para la capa subyacente o subrazante; además, separación y recolección de los desperdicios, cargas y descargas y todos los acarreos locales necesarios para los materiales aprovechables así como de los desperdicios y formación de los almacenamientos.



- Carga del material en los almacenamientos al equipo de transporte y descarga en el lugar de tendido.
- Permisos de explotación de bancos de agua, extracción, carga, acarreo al lugar de utilización, aplicación e incorporación del agua.
- Preparación de la superficie de desplante, incluyendo el relleno de huecos y la compactación del terreno natural o el despalmado.
- En su caso, operaciones para quitar el agua excedente al contenido de agua de compactación establecido en el proyecto.
- Operaciones de tendido, conformación y compactación al grado fijado en el proyecto.
- Afine para dar el acabado.

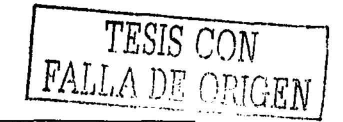
8.3 Construcción de obras auxiliares

a) Bermas

El contrato para este concepto podrá realizarse por precios unitarios por unidad de obra terminada. El avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago se determinará mediante seccionamiento y con el método promedio de áreas extremas, tomando como unidad el m^3 de corte o terraplén terminado, según sea el caso, con aproximación a la unidad. Al término de la obra se harán los ajustes necesarios que se estimaron en el proyecto con los aprobados durante la construcción (Ref.8.3). Aquí se deberán incluir todos los conceptos que sean necesarios para la realización de las bermas de los terraplenes.

b) Recubrimiento de taludes

En este caso el contrato también podrá realizarse por medio de precios unitarios por unidad de obra terminada. Para determinar la obra realizada se puede utilizar



la unidad al m^2 de recubrimiento terminado, según su tipo con aproximación a un décimo (Ref.8.3). El recubrimiento deberá incluir, en su caso:

- Colocación de mallas: el valor de adquisición y suministro de las mallas vegetales, geosintéticas o metálicas, así como de todos los materiales necesarios para su colocación.
- Recubrimiento asfáltico: el valor de adquisición o producción del material asfáltico, limpieza del tanque en que se transporte, movimientos de la planta de producción y el lugar de destino y todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas.
- Carga, transporte y descarga de todos los materiales hasta el sitio de su almacenamiento y utilización, cargo por almacenamiento.
- Los sistemas de seguridad de la obra.
- Plataformas y demás equipo auxiliar para la siembra, instalación y colocación o aplicación del recubrimiento.
- Amacice y limpieza de la superficie por cubrir.
- Siembra de las especies vegetales.
- Limpieza, corte, traslape, fijación, doblado y colocación de las mallas.
- Aplicaciones del material asfáltico.
- Limpieza de desperdicios y materiales caídos. Carga transporte y descarga del sitio y forma que indique el proyecto.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante cargas y descargas.

8.4 Construcción de obras de drenaje superficial

a) Alcantarillas de acero y concreto.



El contrato para este concepto podrá realizarse por unidad de obra terminada, tomando como unidad el metro de alcantarilla, medida sobre el eje longitudinal de la alcantarilla, según su tipo, con aproximación a un décimo (Ref.8.3). Las obras que deberá incluir el concepto serán:

- Valor de adquisición de los tubos de concreto o de acero o láminas corrugadas de acero y demás materiales necesarios para la construcción de las alcantarillas. Carga, transporte y descarga de los tubos o láminas y de todos los materiales hasta el sitio de su utilización, y cargo por almacenamiento.
- Excavación para la plantilla de apoyo, así como su conformación y compactación.
- Construcción del chaflán para acostillamiento de los tubos de concreto.
- Excavación y acondicionamiento de los canales de entrada y salida.
- Carga y descarga en el sitio de los materiales producto de las excavaciones
- Ensamblado, colocación y apuntalamiento de las láminas corrugadas de acero. (alcantarillas de acero)
- Ensamblado, colocación y sellado de los tubos de concreto.
- Conformación y compactación del relleno.
- Suministro y colocación del concreto hidráulico, simple o reforzado.
- Construcción de la mampostería.
- Zampeados
- Acabado interior de los tubos con mortero.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes durante las cargas y descargas de todos los materiales, así como de los residuos de las excavaciones.

b) Bordillos

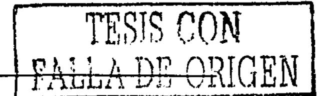
El contrato por la construcción de bordillos puede ser por precios unitarios por unidad de obra terminada, para determinar la obra elaborada se toma la unidad de metro de bordillo con aproximación a un décimo (Ref.8.3). El precio deberá contener lo siguiente:

- Valor de adquisición del concreto hidráulico, asfalto, del suelo cemento o de las piezas precoladas y demás materiales necesarios para la construcción del bordillo. Carga, transporte y descarga de todos los materiales hasta el sitio de su utilización, y cargo por almacenamiento.
- Limpieza de la superficie sobre la que se construirá el bordillo.
- Cimbrado.
- Colocación y acomodo del concreto hidráulico o asfáltico y curado del concreto hidráulico; o bien, colocación y anclaje de los elementos de concreto hidráulico precolados.
- Limpieza del bordillo.
- Suministro y colocación de las varillas de anclaje.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante cargas y descargas.

c) Lavaderos

Se podrá realizar el contrato por unidad de obra terminada a precios unitarios, utilizando la unidad de medida el metro de lavadero terminado, el cual deberá incluir (Ref.8.3):

- Valor de adquisición de las láminas corrugadas y demás materiales necesarios para la construcción del lavadero. Carga, transporte y



descarga de las laminas y de todos los materiales hasta el sitio de su utilización, y cargo por almacenamiento.

- Excavación y conformación del lavadero.
- Carga y descarga del sitio de los materiales producto de excavación.
- Ensamblado y colocación de las láminas.
- Suministro y colocación del concreto hidráulico, simple o reforzado.
- Revestimiento del lavadero.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes durante las cargas de materiales producto de la excavación.

8.5 Conservación.

Los trabajos de conservación principalmente se realizan a las obras de drenaje como las alcantarillas y los lavaderos, las cuales requieren un mantenimiento frecuente para su adecuada operación, por lo que se trata enseguida (Ref.8.3).

a) Limpieza de alcantarillas

Se podrán realizar los trabajos por medio de un contrato por precios unitarios por unidad de obra terminada. Para determinar el trabajo realizado se puede tomar como unidad el metro de alcantarilla limpia, según su tipo y sección, con aproximación a un décimo. El costo por metro de conservación de alcantarilla deberá incluir lo siguiente:

- Valor de adquisición de los materiales y productos para la limpieza incluyendo mermas y desperdicios, carga, transporte y descarga de los materiales y productos hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.
- Desyerbe de las zonas de entrada y salida de la alcantarilla.
- Eliminación o retiro de los materiales sólidos, líquidos y semiliquidos.



- Suministro y utilización del agua.
- Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan a los almacenamientos temporales y a los bancos de desperdicios, así como su extendido y tratamiento en dichos bancos.
- Equipo de alumbrado y su operación.
- Tiempos de vehículos empleados en transportes de todos los materiales, productos y residuos, durante cargas y descargas.

b) Lavaderos.

Podrá realizarse el contrato por unidad de obra terminada, y tomar la unidad del metro de lavadero limpio para considerar el avance de los trabajos. El precio unitario deberá contener lo siguiente:

- Valor de adquisición de los materiales y productos para la limpieza, incluyendo mermas y desperdicios. Carga transporte y descarga de los materiales y productos hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.
- Eliminación o retiro de los materiales sólidos, líquidos y semilíquidos.
- Suministro y utilización de agua.
- Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan a los almacenamientos temporales y a los bancos de desperdicios, así como su extendido y tratamiento en dichos bancos.
- Equipo de alumbrado y su operación.
- Tiempos de vehículos empleados en los transportes de todos los materiales, productos y residuos, durante cargas y descargas.



CONCLUSIÓN CAPITULAR

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Cámara Mexicana de la Industria y la Construcción, tienen normas de procedimientos de construcción de terraplenes, obras de drenaje y protección, análisis de costos de cada concepto, así como los aspectos que son convenientes considerar en el proyecto, en la construcción, la conservación y el control.

Referencias:

8.1 Várela L. A. Costos de Construcción Pesada y Edificación. Compuobras, Consultores S.A. de C.V. México D.F. 1996. Tomo 2 pág. 2030-2086.

8.2 Costos y Procedimientos de Construcción en las Vías Terrestres. Unidad Editorial de la Dirección General de comunicación Social.

8.3 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Normas para la construcción de terracerías N-CTR-CAR-1-01-/001/00 a N-CTR-CAR-1-01-/015/00, N-CTR-CAR-1-03/007/00, N-CTR-CAR-1-03-/006/00 y N-CSV-CAR-2-01-005/01.

CONCLUSIONES

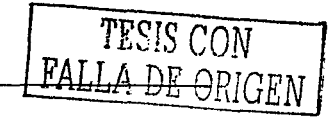
1) Los suelos blandos presentan serios problemas de comportamiento de terraplenes apoyados en ellos, por lo que es necesario efectuar los estudios y proyectos adecuados.

2) Las fallas y los altos costos de conservación en los terraplenes sobre suelos blandos en el Estado de Sinaloa se deben principalmente a:

- Falta de estudios previos al proyecto.
- Inadecuado proceso de construcción y tiempo de ejecución de la obra, además de la mala calidad de construcción.
- Falta del control de calidad.
- Insuficiente conservación a las obras de drenaje.
- Falta de estudios del comportamiento del terraplén durante y después de la construcción.

3) Para la solución o aminoramiento de la problemática anterior se requiere la participación en conjunto de las autoridades y dependencias de gobierno y de los diversos profesionistas que intervienen en este tipo de obra, con el fin objetivo de establecer un proceso de estudios, proyecto, construcción y conservación, para este tipo de obras, como requisito para otorgar licencias de construcción, tanto en obras públicas como privadas.

4) Es importante conocer la problemática y características de los suelos blandos y determinar su presencia. Para lograr lo anterior se deben efectuar estudios geotécnicos adecuados, además se requiere de estudios de planeación que permitan determinar las características geográficas y económico-sociales que ajusten los criterios para equilibrar el proyecto de terraplenes con las necesidades de la zona. También se necesita realizar estudios para seleccionar rutas y obtener la información topográfica, geológica, hidráulica y ambiental necesarias. Todos los estudios deben complementarse entre sí, para



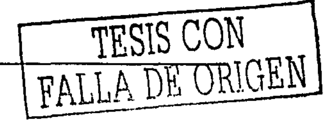
adecuar los proyectos a la problemática de la región de manera organizada y estructurada.

5) Los aspectos de impacto ambiental son importantes en el desarrollo del proyecto y construcción de los terraplenes en suelos blandos, por lo que deben determinarse, tanto los problemas ambientales potenciales como los no significativos, para tratarlos en la fase inicial de la planificación y proyecto, a fin de diseñar e implementar planes que respondan y, en su caso, mitiguen a estos problemas.

6) En la elaboración del proyecto deben definirse todas las características, desde lo general hasta lo particular, con el objetivo de reducir o eliminar la posibilidad de falla en los terraplenes. En esta etapa se deben definir los aspectos geométricos, hidráulicos, estructurales y de instrumentación. También deben definirse las características de los materiales que formarán parte de la obra desde el terraplén hasta las obras de drenaje y protección, así como el método de mejoramiento de suelo, los procesos de construcción y el plan de instrumentación.

7) Las deformaciones del suelo bajo el terraplén no pueden eliminarse a menos que se sustituyan o traten los suelos blandos. Para determinar el tipo de mejoramiento existen diversas opciones que pueden aplicarse de acuerdo a las características particulares de cada caso como son: el tiempo disponible, las propiedades de los materiales, equipo disponible, el programa de obra, las características geométricas y recursos económicos.

8) Es importante implementar un programa de observaciones, mediciones y de control, durante y después de la construcción, que permitan comprobar las hipótesis de diseño y conocer el comportamiento del terraplén. Para lo anterior, es necesario desarrollar modelos de comportamiento y estudiar la forma de



obtener información específica y relevante, con el adecuado cuidado y calibración de los equipos de medición.

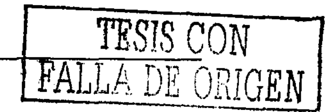
9) La implementación del control de calidad obliga a establecer un criterio de aceptación y rechazo para cada concepto de obra y permite evaluar las propiedades inherentes, los materiales y equipos que se utilizan en su ejecución, comparada con las especificaciones de proyecto. Lo anterior permite aceptar, rechazar o corregir oportunamente cada concepto. El programa detallado de control de calidad debe comprender el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio y los análisis estadísticos de sus resultados.

10) La Secretaria de Comunicaciones y Transportes y la Cámara Mexicana de la Industria y la Construcción, tienen normas de procedimientos de construcción de terraplenes, obras de drenaje y protección, análisis de costos de cada concepto así como los aspectos que son convenientes considerar en el proyecto, en la construcción, la conservación y el control.

Esta tesis ofrece temas de investigación, como son:

- Selección e instalación de Instrumentos de medición.
- Elaboración y aplicación del control de calidad en terraplenes.
- Desarrollo de algún método no descrito.
- Problemas y soluciones de obras de drenaje en suelos blandos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1.1 http//:sin.inegi.gob.mx/territorio/espanol/geologia2.htm

1.2 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estudio Hidrológico del Estado de Sinaloa. 1996.

1.3 Puig B. J. Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y Fotointerpretación. Edición 1ra, Capítulo III Suelos.

1.4 Sosa G. R. Tesis "Comportamiento de los terraplenes ante los fenómenos de consolidación y flujo plástico del terreno de cimentación y soluciones posibles para su mejoramiento", 1963.

1.5 Juárez B. E. y Rico R. A. Mecánica de Suelos. Edición 2da vigésimo segunda reimpresión. México D.F. 2003. Editorial Limusa. Tomo 1. Capítulo 1.

1.6 A. Rico y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Decimoquinta reimpresión. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 1. Cap. III.

1.7 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Manual de Construcción Geotecnia. Tomo 1. Capítulo 8.

2.1 Crespo V. C. Vías de Comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. 2da edición. Editorial Limusa. México D.F. 1989.

2.2 http://espanol.geocities.com/intopgeo_pa/estudios.htm

2.3 Martínez M. J. Estudios geotécnicos, y notas de la clase Construcción de Cimentaciones.

2.5 Catálogo de impactos ambientales generado por las carreteras y sus medios de mitigación. Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Sanfandila Qro. 1999.

2.6 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Catálogo de Estudios Hidrológicos del Estado de Sinaloa. 1994.

3.1 Secretaría de Obras Publicas. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 1981.

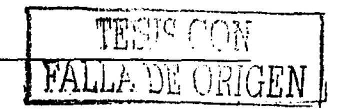
3.2 Crespo V. C. Vías de Comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. 2da edición. Editorial Limusa. México D.F. 1989, Cap. II.

3.3 Wright P. H. Ingeniería de Carreteras. 5ta edición en ingles, 1ra en español, 1993. Editorial Limusa.

3.4 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 2002. Editorial Limusa. Volumen 2 Capítulo 13.

4.1 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 1.

4.2 Campos C. R. Tesis. Construcción de terracerías sobre suelos blandos, 1992. Instituto Tecnológico de la Construcción, Cap. II.



4.3 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS). Mejoramiento de suelos masivos. Reunión técnica #16 1979.

4.4 Martínez M. J. Notas sobre la clase de cimentaciones "Mejoramiento de suelos masivos".

4.5 Martínez M. J. Notas sobre la clase de cimentaciones "Drenes de plástico"

4.6 http://www.personal.telefonica.terra.es/web/soluciones/maccaferri/geotextiles00.htm

5.1 Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Normas de construcción de terracerias (SCT) N-CTR-CAR-1-01/001/00 a N-CTR-CAR-1-01/015/00.

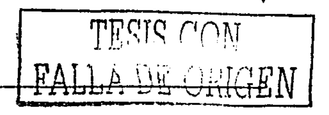
5.2 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 2002. Editorial Limusa. Volumen 2 Capítulo 13.

5.3 Normas de conservación de carreteras de la SCT N-CSV-CAR-2-01/003/01, N-CSV-CAR-2-01/005/01, N-CSV-CAR-3-01/003/01 y N-CSV-CAR-3-01/003/01.

5.4 Normas de conservación de carreteras de la SCT N-CSV-CAR-3-01/006/01

5.5 Art. Martínez Mier J. A. Estudios geotécnicos, y notas de la clase Construcción de Cimentaciones.

6.1 Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Normas de construcción para terracerías y obras de drenaje N-CTR-CAR-1-01/001/00, N-CTR-CAR-1-03/002/00, N-CTR-CAR-1-03/007/00 y N-CTR-CAR-1-03/006/00.



6.2 Rico A y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 1 Capítulo 11.

7.1 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Manual de calidad y Criterios de Muestreo de la SCT M-CAL-1-01/01 y SCT M-CAL-1-02/01

7.2 Elizondo M. R. Notas de la clase Control de Calidad y Diseño de Especificaciones.

7.3 Rico A. y Del Castillo H. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras Ferrocarriles y Aeropistas. México D.F. 1999. Editorial Limusa. Volumen 2 Cap. 17. Pág. 561

7.4 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma para la construcción de terraplenes N-CTR-CAR-1-01-008/00, N-CMT-1-01/02,. N-CMT-1-02/02 y N-CMT-1-03/02.

8.1 Várela L. A. Costos de Construcción Pesada y Edificación. Compuobras, Consultores S.A. de C.V. México D.F. 1996. Tomo 2 pág. 2030-2086.

8.2 Costos y Procedimientos de Construcción en las Vías Terrestres. Unidad Editorial de la Dirección General de comunicación Social.

8.3 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Normas para la construcción de terracerías N-CTR-CAR-1-01-/001/00 a N-CTR-CAR-1-01-/015/00, N-CTR-CAR-1-03/007/00, N-CTR-CAR-1-03-/006/00 y N-CSV-CAR-2-01-005/01.